591
Si5
v.1

Sammlung Göschen

Abriß
der
Biologie der Tiere

von

Dr. Heinrich Simroth

I

Sammlung Göschen.

Unser heutiges Wissen
in kurzen, klaren,
allgemeinverständlichen
Einzeldarstellungen.
Jede Nummer in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Zweck und Ziel der „Sammlung Göschen" ist, dem gebildeten Laien eine klare, leichtverständliche Einführung in Gebie[illegible] besonderen Studien, seinem eigent[illegible] allgen[illegible] intens[illegible] wird [illegible] komm[illegible] die „[illegible] auf [illegible] schrit[illegible] jeder[illegible] Jede[illegible] denn[illegible] mite[illegible] vorl[illegible] Dar[illegible]

UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY

Class 591 Book S15 Volume 1

Je 06-10M

Dem Fachmann aber sind die Sammlungen praktische Repetitorien und Nachschlagebücher, die in übersichtlicher, alle Meinungen und Richtungen zusammenfassender, völlig objektiver Weise den modernsten allgemeinen Stand der betreffenden Wissenschaft ꝛc. wiedergeben und somit auch ihm von Nutzen sind.

aus Sammlung Göschen.

Jedes Bändchen elegant in Leinwand gebunden 80 Pfg.

S. G. Nr. 11 Astronomie von Möbius. 36 Abbild.
" " " 13 Geologie von Fraas. 66 Abbild.
" " " 18 Der menschliche Körper v. Rebmann. 48 Abbild.
" " " 26 Physische Geographie von Günther. 32 Abbild.
" " " 29 Mineralogie von Brauns. 130 Abbild.
" " " 37 Anorganische Chemie von Klein.
" " " 38 Organische Chemie von Klein.
" " " 42 Urgeschichte der Menschheit von Hörnes. 48 Abbild.
" " " 44 Die Pflanze von Dennert. 96 Abbild.
" " " 54 Meteorologie von Trabert. 49 Abbild. und Tafeln.
" " " 60 Tierkunde von Fr. v. Wagner. 78 Abbild.
" " " 62 Europa v. Heiderich, mit Profilen, Diagrammen und Karten.
" " " 63 Asien, Australien, Afrika, Amerika von Heiderich, mit Profilen und Diagrammen.
" " " 71 Allgemeine u. physikalische Chemie v. Rudolphi.
" " " 73 Völkerkunde von Haberlandt. 56 Abbild.
" " " 76 Theoretische Physik I. Teil: Mechanik u. Akustik von Jäger. 19 Fig.
" " " 77 Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme von Jäger. 47 Fig.
" " " 78 Theoretische Physik III. Teil: Elektricität und Magnetismus von Jäger. 33 Fig.
" " " 91 Astrophysik von Wislicenus. 11 Abbild.
" " " 92 Mathematische Geographie von Geißler.
" " " 95 Paläontologie von Hörnes. 87 Abbild.
" " " 106 Forstwissenschaft von Schwappach.
" " " 114 Klimalehre von Köppen.
" " " 122 Das Pflanzenreich von Reinecke und Migula. 50 Abbildungen.
" " " 123 Nutzpflanzen von Behrens. 53 Abbild.
" " " 127 Biologie der Pflanze von Migula.
" " " 129 Die Alpen von Sieger.

Sammlung Göschen

Abriß
der
Biologie der Tiere

von

Dr. Heinrich Simroth
Professor an der Universität Leipzig

I. Teil

Entstehung und Weiterbildung der Tierwelt
Beziehungen zur organischen Natur

Mit 33 Abbildungen

Leipzig
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1901

Alle Rechte, insbesondere das Uebersetzungsrecht, von der Verlagshandlung vorbehalten.

Druck von Carl Rembold & Co., G. m. b. H., Heilbronn.

Inhalt.

Seite

Litteratur 6

I. Entstehung der Tierwelt und die Art ihrer Weiterbildung 7

Ursprung des Lebens. Zelle. Kern. Idioplasma. Zellteilung. Befruchtung. Vererbung. Keimplasma u. somatisches Plasma. Conjugation der Infusorien. — Metazoen. Ontogenese. Keimblätter. Biogenetisches Gesetz. Anpassung. Correlation. Funktionswechsel. Variabilität. Kampf ums Dasein. Migration. Isolierung. Begriff der Species. Konstitution.

II. Schwere und Bewegung 21

Pseudopodien. Cilien. Muskeln. — Körpergröße. Verbreitung der Mikrofauna. Schwebmittel. Gallerte. Fortsätze. Gase. Fette. — Aktive Schwimmbewegungen. Stark bewegtes Wasser. Sessilität. Schlammbewohner. Bohrmittel. Entstehung der radiären Typen. — Bewegung auf dem Lande. Arthropoden und Vertebraten. Schwerpunktverlegung. Laufen. Springen. Kriechen. Klettern. Asymmetrie. Kreisbewegungen. Gleiten der Landschnecken. Flug. Geotropismus. Rheotropismus. Stereotropismus.

III. Licht und Farbe 43

Unmittelbare Wirkung des Lichtes. Abstufungen nach Helligkeit und Farben. Heliotropismus. — Färbung. Gleichmäßiges Kolorit. Schutzfarben. Wüste. Polarregion. Hochseetiere. Tange. Steppe. Wald. Litoralregion. Dunkelheit. Complementärfarben. Signal-, Schmuck-, Trutzfarben. Mimicry. — Entstehung von Färbung und Zeichnung. Genepistase. — Lokalkolorite. — Auge. Blinde Tiere. Leuchtende Tiere. Leuchtorgane — Spektralfarben. Altertüml. Rot. Sehpurpur. — Farbenwechsel.

IV. Schall. Statocyste. Ohr. Stimme 80

Aequilibrische Funktion. Wirbeltierohr. Chordotonale Organe. Stimme. — Anhang: Seitenorgan.

V. Gefühl 94

Sinneswerkzeuge. Taster. Palpen. Schnurrhaare. Temperatursinn. Thermoskopische Organe.

VI. Chemische Einflüsse 97

Geruch. Organe. Bedeutung. — Geschmack. — Kochsalz. Anpassung an Süß- und Salzwasser. Brackwasserfauna. Schwierigkeit des Wechsels. — Kiesel und Kalk. Erschwerte Ablagerung von Kalk im Süßwasser. — Eisen. Bedeutung für Skelettbildung, Atmung u. Phylogenie. — Skelett. Mechanische Grundlage. Hautskelette. Innere Skelette. Eischalen. Hüllen. Ein Puppencocons. Ephippium. Wachs-, Statoblasten. Gemmulae. Schleimcocons v. Testacella u. Protopterus. Gespinste u. Bauten.

VII. Wärme 128

Maxima und Minima. Wärme- und Kältestarre. Klimatische Sonderung. See. Land. Süßwasser. Jahreszeiten. Wanderungen. Fische. Vögel. Homöothermie und Pökilothermie. Federn und Haare. Winter- und Trockenschlaf. Saisondimorphismus. Geschlechtsreife. Körperumfang.

Zoology. 17 D 06 Stechert. 16

93554

Seite

VIII. Elektrizität und Röntgenstrahlen 145

Galvanotropismus. Elektrische Fische. Ordnen der Haare und Federn. X-Strahlen.

IX. Atmung 147

Entnehmen des Sauerstoffs aus der Luft, aus Geweben. Symbiose mit Algen. Haut- und Darmatmung. Kiemen. Lunge. Schwimmblase. Neotenie. Tracheen. Velella. Tracheaten. Exspiration u. Lokomotion. Quallen, Salpen, Cephalopoden 2c. Kreislauf. Blutzellen. Allantois. Atmungsgröße.

Litteratur.

Grant Allen. Der Farbensinn, sein Ursprung und seine Entwickelung, übersetzt von E. Krause.

Bergmann und Leuckart. Anatomisch-physiologische Uebersicht des Tierreichs.

Brehm's Tierleben.

Ch Darwins Werke, übersetzt von J. V. Carus.

Th. Eimer. Entstehung der Arten auf Grund von Vererben erworbener Eigenschaften nach den Gesetzen organischen Wachsens.

V. Graber. Die Werkzeuge der Tiere.

W. Haacke. Die Schöpfung der Tierwelt.

Haeckel. Natürliche Schöpfungsgeschichte

Haeckel. Generelle Morphologie.

G. Jaeger. Deutschlands Tierwelt, nach ihren Standorten eingeteilt.

Jourdan. Die Sinne und Sinnesorgane der niederen Tiere, übersetzt von W. Marshall.

Keller. Das Leben des Meeres.

Gadeau de Kerville. Die leuchtenden Tiere und Pflanzen, übersetzt von W. Marshall.

Lampert. Das Leben der Binnengewässer.

Lubbock. Die Sinne der Tiere, übersetzt von W. Marshall.

W. Marshall. Die Tiefsee und ihr Leben.

Parker. Vorlesungen über elementare Biologie, übersetzt von Hanstein.

Romanes. Darwin und nach Darwin, übersetzt von Vetter und Noelbeke.

Semper Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere.

Simroth. Die Entstehung der Landtiere.

H. Spencer. The principles of biology.

C Sterne (C. Krause). Werden und Vergehen.

O. Taschenberg Die Verwandlungen der Tiere.

Verworn. Allgemeine Physiologie.

Weismann. Das Keimplasma.

W. Wundt. Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele.

Dazu zahlreiche einzelne Abhandlungen, Aufsätze und Werke von Apstein, Beer, Bethe, Boveri, Davenport, Dreyer, Eisig, Götte, Heincke, Hengking, O. Hertwig, Joubin, Jourdain, Kükenthal, Leydig, Loeb, Lohmann, Moebius, Fritz Müller, Racovitza, Roux, Sarasin, F. E. Schulze, und sehr vielen anderen, meist in der Fachliteratur zerstreut und speziell zoologischen, nur nebenbei biologischen Inhalts; dazu die Reisewerke, der Challenger-Report, der Bericht der Plankton-Expedition u. s. w. Das biologische Centralblatt dient in erster Linie der tierischen Biologie. Eine moderne Zusammenfassung, wie sie im Nachstehenden versucht ist, fehlt bisher.

I. Entstehung der Tierwelt und die Art ihrer Weiterbildung.

Um ein Urteil über die Art und Weise, wie die Veränderungen innerhalb der Tierwelt zu stande kommen, zu ermöglichen, scheinen einige schwierigere allgemeine Erörterungen unerläßlich.

Die Biologie hat es mit den Lebenserscheinungen der Organismen, die Zoobiologie mit denen der Tiere zu thun, insofern sie von der Außenwelt abhängig sind und zwar sowohl von der anorganischen, dem Boden, dem Wasser und dem Klima, als von den pflanzlichen und tierischen Mitgeschöpfen. Ihr Ziel ist die Erklärung der gesamten tierischen Schöpfung aus der Beschaffenheit der Erdoberfläche und den Veränderungen, die sie im Laufe der geologischen Entwickelung durchgemacht hat. Sie muß von der Annahme ausgehen, daß das erste einfachste Leben ein Produkt der Erde in einem gewissen frühen Zeitalter darstellt in Anpassung an Bedingungen, die wir nur in allgemeinen Vermutungen erschließen können, jedenfalls nachdem die Temperatur so weit gesunken war, daß flüssiges Wasser den Boden bedeckte und der wesentliche Grundstoff des Organischen, das Protoplasma (Eiweiß) nicht gerann, wahrscheinlich an der Grenze zwischen Wasser und Land, wo ein fortwährender Wechsel des Mediums dem wahren Wesen des Organischen, dem Stoffwechsel in der Ernährung und Atmung, am besten entspricht.

Die Grundlage der organischen Verbindungen sind die Elemente mit niedrigem Verbindungsgewicht, die Organogene C, H, O, N_1, welche zugleich die höchste spezifische Wärme besitzen und damit die Entfaltung der tierischen Energie, die im allgemeinen auf Verbrennung oder Oxydation beruht, gewährleisten. Der Ausschluß einiger seltenen Elemente von ähnlich niedrigem Verbindungsgewicht, wie Bor und Beryllium, beweist, daß das Leben nicht an einzelnen beschränkten Lokalitäten entstand, sondern in allgemeiner Verbreitung, daher die Verschiedenheit der Oertlichkeiten in frühem Anfange eine reiche Differenzierung der ursprünglichen niedersten Tierwelt erzeugte. Zu den Organogenen traten noch eine Anzahl Metalloide und Leichtmetalle mit Ausschluß des Aluminiums, das wenig lösliche Verbindungen darbot; von den vielen Schwermetallen aber bloß Eisen und in manchen Fällen Kupfer, Elemente, die bei ihrer wechselnden Valenz und leichten Oxydier- und Reduzierbarkeit sich zur Sauerstoffübertragung in der Atmung besonders eigneten. Freilich können sie nur in geringen Mengen eintreten, und jedes ihrer Atome verlangt ein großes organisches Molekül, um im tierischen Kreislauf transportfähig zu sein. Aus demselben Grunde sind alle Schwermetalle mit hohen Verbindungsgewichten heftige Gifte, die bei der ersten tierischen Schöpfung nicht zu verwenden waren.

Der nähere Vorgang der ersten organischen Schöpfung bleibt uns vorläufig schon aus dem Grunde verborgen, weil die einfachsten Wesen, die Bakterien und unter den Tieren die Amöben, nicht aus homogenem Protoplasma bestehen, sondern zum mindesten aus einem inneren Kern und einem Protoplasmamantel, die, beide zwar aus nahe verwandten, aber doch verschiedenen Proteïnstoffen aufgebaut,

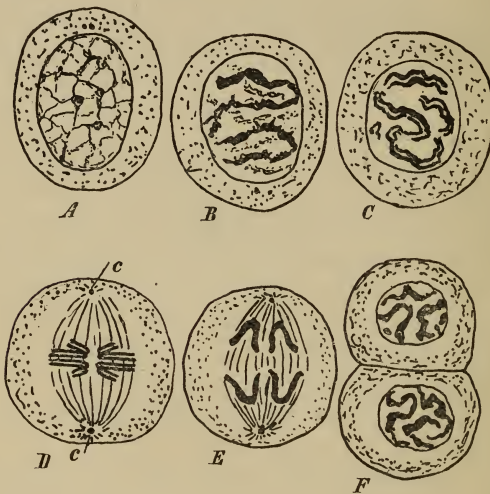
verschiedene Aufgaben haben. Der äußere Mantel oder das Protoplasma der Zelle, wie eine solche Einheit genannt wird, besorgt die Atmung, die Nahrungsaufnahme und die Ausscheidung der Abfallstoffe des tierischen Haushaltes, der Kern oder Nucleus scheint die einzelnen Thätigkeiten zu regulieren, auf jeden Fall aber ist er der Träger der specifischen Eigentümlichkeiten jedes Wesens, der allein die Dauer des Organismus gewährleistet und das Wachstum über das Individuum hinaus oder die Fortpflanzung ermöglicht.

Von künstlich halbierten Infusorien lebt jede Hälfte, sich zu einem neuen Individuum abrundend, weiter, wenn sie ein Kernstück mitbekommen hat, während kernlose Teilstücke zunächst zwar auch sich abrunden, aber allmählich zu Grunde gehen.

Diese von der neueren Forschung bewiesene Thatsache, daß jedes Tier mindestens eine Zelle ist und jede Zelle ihren Kern besitzt, hat die vor einigen Jahrzehnten aufgestellte Annahme, das Leben sei auf dem Boden der Ozeane aus homogenem Plasma entstanden, als unhaltbar zurückgewiesen. Die Protoplasmamassen, die daselbst aufgefunden und als Bathybius beschrieben waren, haben sich als Leichenreste herausgestellt.

Die Komplikation der Zelle wird noch beträchtlicher dadurch, daß der Kern nicht eine homogene Masse ist, sondern aus einer sehr geringen Menge eigentlich wirksamer Substanz oder Idioplasma (Erbmasse) in einer indifferenteren Grundmasse besteht. Während der Zellthätigkeit ist das Idioplasma in der Grundmasse fein verteilt und der Nucleus von einer Kernmembran umschlossen. Während der Zellteilung (Vermehrung) aber verschwindet die Membran, und das Idioplasma sammelt sich zu einer langen,

vielfach gewundenen Kernschleife, die sich in eine bestimmte Anzahl einander gleicher Fäden zerlegt. Da sie beim Färben der Präparate mit verschiedenen Tinktionsmitteln den Farbstoff besonders lebhaft aufnehmen, hat man sie Chromosomen (Fig. 1) genannt. Sie sind stets in einer geraden, für jede Tierart konstanten Zahl vorhanden. Die Halbierung



Figur 1. Zellteilung durch Mitose.

A. Zelle mit gewöhnlichem Kern (im sogen. Ruhezustande).
B. Im Kern ordnet sich die chromatische Substanz (Keimplasma) zu einem Faden oder Spirem.
C. Der Faden zerfällt in einzelne Chromosomen, welche sich spalten.
D. Die Chromosomen sind in der Aequatorialebene geordnet und werden durch die von den Centrosomen (c) ausstrahlenden Lininspindeln erfaßt.
E. Die Spalthälften der Chromosomen werden auseinandergezogen.
F. Es haben sich zwei neue Kerne gebildet, das Zellprotoplasma (Cytoplasma) hat sich um dieselben gruppiert, die Zelle hat sich geteilt.
Das nächste Stadium würden zwei Zellen sein von der Form A.

der Chromosomen geschieht durch einen zierlichen Mechanismus. Neben dem Kern tritt ein sehr feiner heller Fleck auf, Centrosoma oder Attraktionssphäre. Er teilt sich in zwei solche Körperchen, welche auf den entgegengesetzten Seiten des Kerns in der Längsachse der Zelle Platz nehmen. Von jedem strahlen rings feine Kraftlinien aus, welche aus Fäden eines besonderen protoplasmatischen Stoffes, Linin, bestehen. Von diesen Fäden bilden sich die, welche einander zugewandt sind und auf die Chromosomen stoßen, die sich inzwischen in der Aequatorialebene geordnet haben, zu einer stärkeren Spindel aus. So wird jedes Chromosoma auf beiden Seiten von Lininfäden erfaßt und durch deren Zug der Länge nach gespalten. Die Spaltungsprodukte werden auseinandergezogen nach den Centrosomen hin. Es wandert also eine der ursprünglichen Zahl gleiche Anzahl von Chromosomen nach jedem Centrosoma. Dort angekommen, lösen sie sich in umgekehrter Reihenfolge der Entstehung wieder auf, umgeben sich mit einer Membran und bilden einen gewöhnlichen Kern; Centrosoma und Kraftlinien verschwinden. Das Cytoplasma, d. h. das Zellplasma gruppiert sich um die neu entstandenen Kerne, die Zelle hat sich in zwei geteilt, die nunmehr jede für sich die gewöhnlichen physiologischen Funktionen wieder aufnehmen. Dabei ergänzt sich das in feine Partikelchen aufgelöste Idioplasma durch Wachstum, bis es sich in einer neuen Mitose wieder zur Kernschleife sammelt ꝛc.

Die mitotische Zellteilung bedeutet bei den Urtieren die ungeschlechtliche Vermehrung (durch Teilung), bei den vielzelligen oder Metazoen das Wachstum. Bei letzteren namentlich kommt auch amitotische Zellteilung ohne Kraftlinien und Chromosomenordnung mit einfacher Halbierung

des Kernes vor, doch im wesentlichen bloß bei alternden Zellen, welche entweder ihre definitive gewebliche Ausbildung erreicht haben oder bald aus dem Organismus ausgestoßen werden (Drüsen). Die amitotische Teilung giebt für eine genaue Verteilung des Idioplasmas keine Gewähr, kann also auch nur da eintreten, wo die sich teilenden Zellen nicht zu weiterer morphologischer Ausbildung des Körpers gebraucht werden.

Durch narkotische Mittel (Aether) kann normale mitotische Zellteilung in amitotische verwandelt werden; bei Aufhebung der Aetherisierung tritt wieder die Mitose ein, — Beweis genug, wie selbst diese allerfeinsten erkennbaren Zellteile und Vorgänge ähnlich verwickelten Reaktionen ausgesetzt sind, wie die ganzen Organismen. In diesen und ähnlichen Dingen liegt vorläufig die Grenze des chemisch-physikalischen Erkennens der Lebewesen.

Bei der geschlechtlichen Vermehrung verschmelzen zwei Zellen, die meist verschiedene Form und Größe zeigen, miteinander. Die weibliche Zelle, das Ei, und die männliche, Samenzelle oder Spermatozoon, sind in Bezug auf das Idioplasma einander gleich. Jede enthält nur halb soviel Chromosomen, als die übrigen oder somatischen Zellen der betreffenden Tierart. Das wird auf einem umständlichen Wege erreicht. Zunächst folgen bei der Ausbildung der Geschlechtsprodukte zwei mitotische Teilungen mit der Spaltung der Chromosomen unmittelbar aufeinander, ohne zur entsprechenden Anzahl von Zellteilungen zu führen (Reifeteilung); dadurch erhält jede Zelle die doppelte Chromosomenzahl. An einer solchen Zelle finden umgekehrt zwei weitere Teilungen statt ohne Spaltung der Chromosomen, die Reduktionsteilungen. Bei

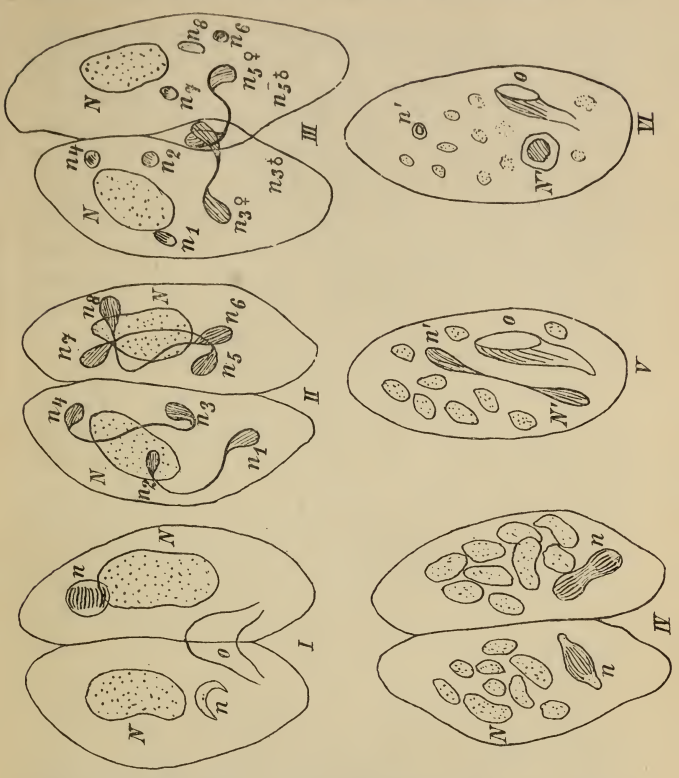
ihnen werden durch die Centrosomen und Kraftlinien die vorhandenen Chromosomen, eins um das andere, nach der einen und anderen Seite auseinandergezogen. Die erste Reduktionsteilung bringt also die Chromosomenzahl wieder auf die Norm, die zweite halbiert sie. (Die Reduktionsteilung findet bei der weiblichen Zelle so statt, daß von den vier Teilungsprodukten nur eins als Ei bestehen bleibt, die drei anderen aber keinen Dotter mitbekommen, sondern als Richtungskörperchen oder Polzellen zu Grunde gehen. Bei der viel kleineren männlichen Zelle liefern alle vier Teilungsprodukte in der Geschlechtsdrüse Spermatozoen.)

Man nimmt an, daß dieser Umweg eingeschlagen wird, um die kleinen Verschiedenheiten in den einzelnen Teilen des Idioplasmas in möglichster Abwechslung auf die einzelnen Chromosomen zu verteilen und dadurch die Nachkommenschaft zur Variation anzuregen. Wenn bei der Befruchtung die weibliche und die männliche Zelle zu einer einzigen verschmelzen, so enthält diese wieder die normale Anzahl von Chromosomen, wovon die eine Hälfte der Mutter, die andere dem Vater entstammt. Außer der Anregung zur Variation wird dadurch die kräftige Erhaltung der Art und die Ausscheidung von Schädigungen und Schwächen erwirkt, welchen das eine oder andere Individuum in seiner Konstitution und seinem Idioplasma unterlag. Das Idioplasma erhält jetzt den Namen Keimplasma (Erbmasse); den Keimzellen stehen alle übrigen Zellen des Körpers als somatische gegenüber.

Wir finden bei allen Tieren, welche sich ungeschlechtlich vermehren, die Notwendigkeit, von Zeit zu Zeit wieder zur geschlechtlichen Vermehrung zu schreiten (Blattläuse, Korallen, Infusorien ꝛc.). Die Infusorien,

welche die Differenzierung des Idioplasmas am weitesten getrieben haben und einem Großkern oder Makronucleus die Regulierung der physiologischen Funktionen, einem Kleinkern oder Mikronucleus die Vererbung übertragen, zeigen das Verhältnis am klarsten. Aus der geschlechtlichen Conjugation zweier gleichen Individuen (Fig. 2) entsteht eine Generation, die sich ungeschlechtlich durch Teilung vermehrt und, je nach der Art, eine verschieden lange Reihe solcher ungeschlechtlicher Generationen einander folgen läßt. Dann macht sich eine Degeneration bemerkbar, die sich in unregelmäßigen Umrissen des Kerns und einem Schrumpfen vereinzelter Wimpern äußert. Alle Nachkommen aus jener ersten Conjugation und den nachfolgenden Teilungen haben jetzt das Bedürfnis nach geschlechtlicher Fortpflanzung; sie führen sie aber nicht untereinander aus, sondern, um die Inzucht hintanzuhalten, womöglich mit den Nachkommen anderer Paare. Dabei tritt der Kleinkern in Thätigkeit, er wird, wie bei der Reduktionsteilung, in vier zerlegt. Davon gehen drei zu Grunde. Der bleibende tauscht sein Idioplasma mit dem bleibenden Kleinkern des anderen Individuums aus, worauf die zum Teil verschmolzenen Tiere wieder auseinandergehen. Der Kleinkern liefert jetzt durch Teilung einen neuen Groß- und Kleinkern. Der alte Makronucleus geht durch Zerfall zu Grunde. Auf diese allgemeine Conjugation oder Copula folgt dann ein neuer Cyklus von ungeschlechtlichen Teilungen. Die geschlechtliche Fortpflanzung hat also aufs deutlichste die Auffrischung des Blutes bezweckt.

Bei den vielzelligen Tieren oder Metazoen bleiben die aus der Teilung des Eies hervorgehenden, immer zahlreicher werdenden Zellen vereinigt. In der Entwickelung



Figur 2. Conjugation eines Infusors (**Paramaecium**). N Makronucleus, Hauptkern, punktiert. n Mikronucleus, Nebenkern. o Mundöffnung oder Peristom.

I. Beginn der Conjugation. Der Nebenkern schickt sich zur Teilung an.

II. Der Nebenkern teilt sich in vier.

III. Drei der vier Teilstücke gehen in jedem Individuum zu Grunde. Das vierte tauscht mit dem Partner die Hälfte seines Idioplasmas od. s. Erbmasse aus.

IV. Ende der Conjugation. Der Hauptkern beginnt zu zerfallen. Aus der Verschmelzung der ausgetauschten und zurückbleibenden Erbmasse ist je ein neuer Nebenkern entstanden, der sich zur Teilung anschickt.

V. und VI. Je ein einzelnes Individuum nach der Conjugation.

V. Der Nebenkern teilt sich.

VI. Aus den beiden Hälften entsteht der definitive Nebenkern n' und der definitive Hauptkern N'. Der alte Hauptkern, bezw. dessen Zerfallstücke schwinden immer mehr.

oder Ontogenese gruppieren sie sich zunächst zu einer Kugel. Diese stülpt sich an einer Seite ein, so daß eine doppelte Blase entsteht (Gastrula). Die äußere, das äußere Keimblatt oder Ektoderm, liefert die Haut, die Sinneswerkzeuge und das Nervensystem; die innere, das innere Keimblatt oder Entoderm, liefert den Darm mit seinen Drüsen. Beide gehen an der Mund- und Afteröffnung ineinander über. Durch Einwanderung von Zellen, meist aus der Uebergangsstelle von Ekto- und Entoderm, bildet sich in weniger regelmäßiger Anordnung das mittlere Keimblatt oder Mesoderm zwischen jenen, es liefert die Muskeln, das Herz, das Bindegewebe ꝛc.

Da im allgemeinen eine Tierart oder Species aus der anderen sich ableitet wie eine individuelle Entwickelungs- oder Wachstumsstufe aus der anderen (also nach den Gesetzen organischen Wachsens), so wird durch Vererbung jedes Tier in seiner Entwickelung oder Ontogenese die Stufenreihe der Vorfahren zu durchlaufen haben (biogenetisches Gesetz). Soweit dabei diese Stufen direkt von den Vorfahren ererbt sind, nennt man sie palingenetisch, soweit Neuerwerbungen dazu gekommen sind, känogenetisch.

Bei der Einwirkung der Außenwelt wird zunächst natürlicherweise das Ektoderm getroffen, in zweiter Linie, durch die von außen eingenommene Nahrung (und Atemluft), das Entoderm, vollkommen indirekt in dritter Linie erst das Mesoderm mit seinen Gebilden. So entsteht die Anpassung. Indem sie verändernd das Ektoderm beeinflußt, so macht sich, wohl fast immer durch das Nervensystem, der Einfluß am ganzen Organismus geltend und ergreift oft, bei der einheitlichen Zusammenwirkung aller Organe, durch Cor-

relation scheinbar unabhängige und entfernte Körperteile.

Als ein Prinzip, welches sehr häufig die Anpassung an neue Verhältnisse vermittelt, dient der Funktionswechsel, d. h. die Thatsache, daß ein Organ, zu anderem Gebrauch geschaffen, eine neue Aufgabe übernimmt. Die Lunge, ein Atemwerkzeug, wird als Schwimmblase ein statisches Organ, Hautsinneswerkzeuge werden zu Haaren, einem Wärmeschutz u. dergl. Wir werden dem Prinzip oft begegnen.

In der Befruchtung wird also durch das Keimplasma das Schicksal des Organismus besiegelt, durch die Vererbung ist festgesetzt, was aus dem Keim möglicherweise werden kann, so zwar, daß innerhalb gewisser durch die Forschung im einzelnen zu untersuchenden Grenzen das fertige Produkt nach Form und Größe hin und her schwanken kann. Diese Schwankungen bezeichnen die Variabilität oder Veränderlichkeit. Veränderungen der Außenwelt bestimmen die Richtung der Abänderung innerhalb der durch das Keimplasma bedingten Möglichkeiten. Durch die Auslese des Passendsten, Zweck- oder Erhaltungsmäßigen unter den verschiedenen Varianten befestigt der Kampf ums Dasein die Anpassung. Die Heftigkeit und Erbitterung, mit der er geführt wird, erhellt aus dem Mißverhältnis zwischen der großen Anzahl von Jungen, die erzeugt werden, und der kleinen Zahl von denen, die zu normaler Größe heranwachsen. Wenn eine Auster jährlich etwa eine Million Junge erzeugt und der Bestand derselbe bleiben soll, so genügt es, wenn von der gesamten Brut im ganzen zwei wieder fortpflanzungsfähig werden, ein Männchen und ein Weibchen. Die übrigen können zu Grunde

gehen, sie werden eben während der Entwickelung konsumiert. Auch wenn man dabei dem Zufall einen weiten Spielraum überläßt, so wird in den meisten Fällen doch diese natürliche Zuchtwahl die für die jeweiligen Umstände geeignetsten Stücke erhalten. Dadurch wird allmählich eine immer größere Differenzierung der tierischen Formen erreicht; sie äußert sich meist in Vervollkommnung, bei den Schmarotzern aber in Degeneration. Genaue Untersuchungen, wie der Kampf ums Dasein und die natürliche Zuchtwahl im einzelnen wirken, liegen nicht allzuviele vor. Als Beispiel seien 136 Sperlinge erwähnt, die bei einem Unwetter beschädigt wurden oder zu Grunde gingen. Sie alle zeigten in der Länge des Schnabels, des Schädels, der Extremitäten, der Federn ꝛc. irgendwelche Abweichungen vom normalen Durchschnitt. Der Fall beweist, daß die normalen Durchschnitts-Sperlinge an die Wetterverhältnisse ihrer Umgebung am besten angepaßt waren. Im Hafen von Plymouth ist in den letzten Jahren eine schmalstirnige Race der gemeinen Krabbe, Carcinus maenas, entstanden. Ein langer Damm vor dem Hafen und der gesteigerte Verkehr erwirken die Anhäufung feinsten Schlammes im Hafen, der viele Tiere zur Auswanderung gezwungen hat. Das Experiment hat gezeigt, daß die schmalstirnigen Krebse, die dem Schlamm weniger Fläche darbieten, besser aushalten, als die breitstirnigen.

Die Beispiele sind typisch für die allmähliche Umwandlung der tierischen Schöpfung. Extreme, sprungweise erfolgende Abänderungen[1] scheinen ebenso ausgeschlossen, wie die Ver-

[1] Für sprungweise erfolgende Abänderung (Heterogenesis) lassen sich bis jetzt kaum bestimmte Fälle im Tierreich anführen. Von den vielen Angaben, daß Verletzungen, Verlust von Gliedmaßen ꝛc.

erbung von gewaltsamen Eingriffen, Verwundungen, Organverlusten u. dergl. Die Lebensformen bilden sich in langsamem Flusse um, die Faktoren sind Vererbung und Anpassung, wobei die vererbte Variabilität die Möglichkeit der Anpassung schafft und der Kampf ums Dasein dazu beiträgt, ihr die Richtung zu geben. Es bleibt zu untersuchen, inwieweit veränderte äußere Bedingungen sie unmittelbar beeinflussen. In vielen Fällen werden solche durch Ausbreitung und Wanderungen der Tiere geschaffen (Migrationstheorie), wobei ihre Wirkung durch Isolierung, z. B. auf Inseln, verstärkt wird, weil eine Vermischung mit dem unveränderten Stamm ausgeschlossen ist. Als Beispiele für Variation nach Migration seien etwa angeführt die verwilderten Kaninchen, die auf Porto Santo eine besondere Race gebildet haben, sowie Helix nemoralis und Littorina littorea, die nach ihrer Verschleppung in die Neue Welt lebhaft abzuändern im Begriffe sind.

Die Frage, wie weit die Veränderungen gegangen sein müssen. um eine neue Species oder Art zu begründen, läßt sich im einzelnen so wenig beantworten, als man die Grenzen der Art bestimmt umschreiben kann. In manchen Fällen bewirkt die Trennung eine schnelle Umwandlung der gesamten Konstitution, worunter man im wesentlichen die chemische Zusammensetzung der Organe zu verstehen hat, in anderen scheint die Konstitution selbst bei Arten verschiedener Gattungen kaum zu differieren. Schneidet man einem Rhizopoden ein Pseudopodium ab, so vereinigt

vererbt worden seien, hat keine vor näherer Kritik stand halten können. Der Versuch, wonach Meerschweinchen, deren eines Augenlid infolge von Nervendurchschneidung herabhing, diese Eigenheit auf ihre Nachkommenschaft übertragen haben sollen, bedarf der Nachprüfung

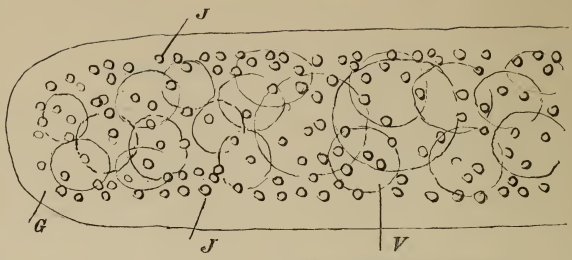
sich dieses wieder mit dem Mutterkörper, und zwar um so mehr, je weniger Zeit seit der Trennung erfolgte. Das Pseudopodium verschmilzt auch mit einem anderen Individuum, das mit dem Tier, von welchem jenes abgetrennt wurde, von demselben geteilten Muttertier abstammt. Die Vereinigung erfolgt wiederum um so weniger, je größer der Abstand dieser Blutsverwandtschaft (auf ungeschlechtlichem Wege) ist; wir sehen also die Konstitution bald genug geändert und den positiven Chemotropismus in negativen verwandelt. Das Blut eines Menschen können wir ohne Schaden in den Kreislauf eines anderen Menschen überführen (Transfusion), wobei es unverändert in den neuen Organismus aufgenommen wird. Dagegen wirkt Blut von anderen Säugetieren einfach als schädlicher Fremdkörper. Hier verhalten sich also alle Individuen der Art „Mensch" zu einander gleich, und zwar so, wie nur die nächsten blutsverwandten Rhizopoden. Wie mit dem Blut, verhält sich's im allgemeinen mit den übrigen Körpergeweben. Ganz anders bei Regenwürmern und jungen Kaulquappen, bei denen man nicht nur Teilstücke verschiedener Individuen, sondern selbst verschiedener Arten und Gattungen miteinander verlöten kann, so daß sie sich zu einem Individuum ergänzen, ähnlich wie auch Schmetterlingspuppen. Dabei sind von den Anurenarten kaum Bastarde bekannt, wie man annimmt, wegen der Verschiedenheit ihrer Spermatozoen, ein noch wenig geklärtes Kapitel.

II. Schwere und Bewegung.

Als niederste Bewegungsform dient das Ausströmen und die Zusammenziehung des Zellplasmas, die Pseudopodien. Sie wird in bestimmten, schwingenden Plasmafortsätzen geregelt im Spiel der Wimpern oder Cilien, von denen die Geißeln, je eine oder zwei auf einer Zelle, eine besondere leistungsfähige Kategorie bilden. Alle kräftigeren Leistungen erfolgen durch die Muskulatur, in welcher das eigentlichste Wesen des Tieres, die eigene Bewegung, den höchsten Ausdruck findet.

Da das specifische Gewicht der Tiere nur wenig größer als 1 ist, wird ihr Körper vom Wasser zum großen Teil getragen. Auf dem Lande haben sie ihre ganze Last selbst zu tragen Am wenigsten trägt die Luft. Durchweg sind die kleinen Formen im Vorteil, insofern sie verhältnismäßig die größte Oberfläche und somit den größten Reibungswiderstand besitzen. Daher brauchen die kleinsten Tiere im Wasser zum Schwimmen die geringsten Sondereinrichtungen und verhältnismäßig den geringsten Kraftaufwand (Wimpern, glatte Muskulatur). Die minutiösen Tiere werden, noch dazu in ausgetrocknetem, encystiertem Zustande selbst von schwachen Luftströmungen weithin getragen, daher die Mikrofauna kleiner, leicht austrocknender Binnengewässer (Protozoen, Rotatorien u. a.) fast durchweg kosmopolitisch verbreitet ist.

Im stehenden Wasser genügt es zum **Schwimmen** oder **Schweben**, daß das Integument möglichst vergrößert wird, durch eingelagerte wasserreiche Gallertmassen das spe-

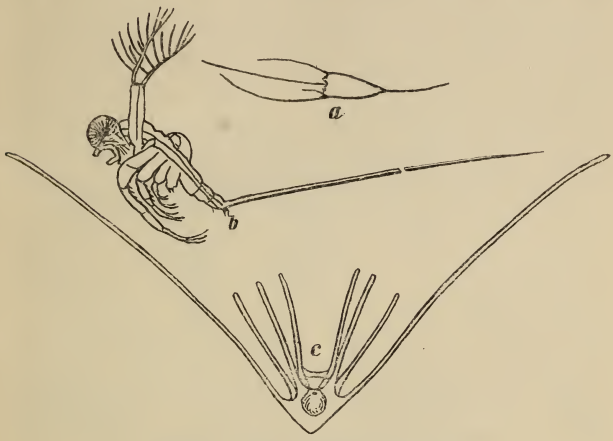


Figur 3. Koloniebildendes Radiolar, Collozoon pelagicum. Teil einer Kolonie. G Gallerte. J die einzelnen Individuen. V Vacuolen, mit Flüssigkeit gefüllte Räume.

Figur 4. Tinerfe cyanea, eine Rippenqualle, mit ihren Tentakeln. (Vergr. 3 : 2.)

cifische Gewicht herabdrückt oder durch allerlei seitliche Verlängerungen und Fortsätze des Leibes, den Reibungswiderstand vermehrt. Die gallertreichen Quallen haben kaum 1—2% Trockensubstanz, die Heteropoden Carinaria und Pterotrachea haben einen unförmlich gequollenen Umriß, ähnlich die Pteropoden Tiedemannia (Fig. 3) und Cymbulia, die koloniebildenden Radiolarien werden durch Gallerte zusammengehalten. Als Schwebfortsätze dienen die Tentakeln der Medusen, die manchmal den Scheibendurchmesser um ein vielfaches übertreffen, die verzweigten Stöcke der Siphonophoren, die Senkfäden der Rippenquallen (Fig. 4), die durch Kalkstäbchen gestützten Fortsätze der Stachelhäuterlarven, die langen Ruderborsten pelagischer Anneliden

(Fig. 5), lange, borstenbesetzte Beine, Panzer- und Schwanzstacheln bei Krebsen (Fig. 6) und deren Jugendformen, Fortsätze bei Rädertieren. Oel- und Fettablagerungen können zur Herabdrückung des specifischen



Figur 5. Tiere mit Schwebfortsätzen.

a. Notholca longispina, ein Rädertier.
b. Bythotrephes longimanus, ein Wasserfloh, mit nur z. T. gezeichneter Schwanzborste.
c. Echinothermenlarve, Ophioplectens, von einer Ophiure.
a und b aus dem Süßwasser, c marin.

Gewichts beitragen: in dem Oelbehälter der Siphonophoren, im Körper der Radiolarien, in der Haut der Wale. Als ein eigenartiger Schwimmapparat, der bloß unmittelbar an der Oberfläche Geltung hat, muß die Schleimabsonderung des Schneckenfußes gelten, die beim Kriechen als Schleimspur zurückbleibt. Bei Wasserschnecken breitet sie sich als Schleimband an der Oberfläche aus und dient dem daran hängenden Tier als

Schwimmer, dessen Stabilität mit der Größe, also mit der zurückgelegten Weglänge, zunimmt. Bei der marinen Janthina erhärtet der Schleim stärker und enthält Luft-

Figur 6. Calocalanus pavo, ein mariner Spaltfußkrebs, mit allerlei Schwebborsten. (Stark vergrößert.)

blasen, die bei der Weiterbildung am Vorderende durch den aufwärts gekrümmten Vorderfuß (Propodium) hinzugefügt werden, so daß die Schnecke an sicherem Floße hängt. Weitere Schwebmittel sind Gase, in allgemeinster Verbreitung wohl Darmgase, bei Borstenwürmern

(Hesione) in besonderen schwimmblasenartigen Ausstülpungen des Darmes, bei Glaucus in einem symmetrisch verzweigten Darm, dessen Aeste in die als Ausleger dienenden Rückenpapillen eindringen, bei Fischen als Schwimmblase, einer umgewandelten Lunge, bei Siphonophoren als Gasbehälter, der bei Physalia und Velella über das Wasser herausragt, bei ersteren als große Blase, bei letzteren als senkrechte, von vielen Lufträumen durchzogene Platte. Bei der geringen Ausdehnung der Süßwasserbecken beschränken sich die Schwebevorrichtungen auf Ausleger (Borsten mancher Rädertiere — Anuraea — Borsten und Ruderfühler der Kleinkrebse — Diaptomus, Daphnien, Bythotrephes —, Borstenbesatz an den Schwimmbeinen von Wasserkäfern und -wanzen) und auf Lufträume, Schwimmblasen, Tracheen. Eintagsfliegen und Zweiflügler schalten bei der letzten Häutung, wo die Imago einen kleineren Raum einnimmt als die Puppe, durch Oeffnung der Stigmen und Austreiben eines Teiles der Tracheenluft eine Lufthülle zwischen die Puppenhaut und die Imago ein, welche sie an die Oberfläche treibt zum Auskriechen. Bei der durchsichtigen Larve der Büschelmücke, Corethra plumicornis, welche durch die Haut atmet, sieht man doch die Tracheenstämme im Vorder- und Hinterteil des Körpers rechts und links zu je einer Luftblase erweitert, die als hydrostatischer Apparat dient.

Im Süßwasser zeigt sich, namentlich bei Cladoceren, eine unmittelbare Anpassung an das wechselnde specifische Gewicht. In dem leichteren Wasser des Sommers werden Fortsätze und Ausbuchtungen des Körpers größer als in den

kälteren Jahreszeiten, worauf man verschiedentlich neue Arten und Varietäten gründen wollte.

Die **aktiven Schwimmbewegungen** können verschiedener Art sein; Ringelwürmer schlängeln sich durchs Wasser, Flügelschnecken und einige Hinterkiemer schlagen mit den flossenartigen Verbreiterungen des Fußes. Bei Walen, Fischen und Seeschildkröten sind die Beine zu Flossen oder Rudern geworden, bei den Schwimmvögeln die Beine, bei den Pinguinen auch die Flügel (Alken und Wasserstare fliegen förmlich unter Wasser), die Wasserflöhe rudern mit den durch Borstenbesatz vergrößerten Fühlern, Wasserkäfer und -Wanzen mit borstenbesetzten Hinterfüßen. Krebse kommen durch senkrechte Schläge des Hinterleibs rückwärts, die Fische durch seitliche Schläge der Wirbelsäule vorwärts; dabei ist von den unpaaren Flossen die Schwanzflosse von besonderer Bedeutung. Ichthyosaurus hatte die Schwanzwirbelsäule nach abwärts gebogen, darüber war die Schwanzflosse angebracht; das bewirkt Abwärtsbewegung des Kopfes, das Tauchen; umgekehrt ist bei Haien und Stören als Bodenfischen die Wirbelsäule oberhalb der heterocerken Schwanzflosse verlängert, so daß der Kopf nach oben getrieben wird. Die Delphine haben die Schwanzflosse quer stehen und machen beliebige springende und purzelnde Bewegungen.

Ein anderes Prinzip aktiver Schwimmbewegung verbindet sich mit der Atmung (s. Bd. II), manche Muscheln (Pecten, Lima) schwimmen durch Zusammenschlagen der Schalen. Die Solenomyen haben die Mantelränder so weit verwachsen, daß nur eine enge hintere Oeffnung und eine weitere vordere für den Fuß bleibt. Vorn kann bei

gestrecktem Fuß Wasser einströmen, das durch Kontraktion bei Verschluß der vorderen Spalte durch die hintere ausgestoßen wird und das Tier schwimmend vorwärts treibt.

Das stärker bewegte Wasser erfordert entweder besondere Muskelkraft zum Ueberwinden der Strömung, daher vorwiegend Krebse und Fische stromaufwärts zu wandern vermögen, oder Befestigungsmittel am Boden. Saugnäpfe der Egel, Haftapparate der Simulienlarven, die Sohle von Ancylus, die Saugnäpfe am Kinn junger Kaulquappen gehören hierher, namentlich aber der zu einem kräftigen Saugnapf ausgebildete Fuß vieler Schnecken in der Brandung, infolgedessen z. B. eine Patella beim Versuche des Loslösens mitten durchreißt, so daß der Fuß am Felsen bleibt. Dazu die zu einem Saugnapf umgebildeten Bauchflossen mancher Fische, Lepadogaster, Cyclopterus. (Auch die Saugnäpfe der Cephalopoden dürften ursprünglich so entstanden sein, wurden aber nachher vielseitig verwendet.) Diese Befestigung hat in vielen Fällen zur wahren Seßhaftigkeit oder Sessilität geführt, und es sind ganze Gruppen von Tieren, die diesem Einfluß der Gezeitenzone ihre Entstehung verdanken, die Schwämme, die Hydrozoen und Korallen, die Bryozoen, die Ascidien, die Brachiopoden, die Crinoiden oder Haarsterne, die Rankenfüßer unter den Krebsen, die Vermetiden oder Wurmschnecken; fast nur die Wirbeltiere haben sich dem mächtigen Einfluß entziehen können. Er erscheint um so höher, wenn man zu dem Felsenstrand, an dem sich jene Gesellschaft angesiedelt hat, den Sand- und Schlickgrund dazu nimmt, in den eingegraben manche eine halb seßhafte Lebensweise führen, so gut wie in Ritzen oder

selbstgebohrten Löchern im Gestein; dem Leben im Schlick verdanken wahrscheinlich die Grabfüßer oder Dentalien und die Muscheln ihr Dasein, jene indem sie den im Schlamm lebenden Rhizopoden nachstellten, diese lediglich zum Schutz. Die enge Zusammengehörigkeit beider biologischen Gruppen, am Felsen und im Schlamm, zeigen dieselben Muscheln insofern, als viele von ihnen auch am Felsen festhaft werden, durch Anwachsen der Schale, wie die Austern, oder durch Byssusfäden, wie die Mies- und Steckmuscheln; umgekehrt stecken unter den Cölenteraten die Stöcke der Seefedern oder Pennatuliden mit dem Schaft, Hexactinelliden oder Glasschwämme mit einem Wurzelgeflecht von Kieselnadeln oder einer einzelnen weit nach unten vorragenden Nadel, manche Haarsterne mit dem Stiel im Schlick. Sie sind von den Felsen herübergeraten. In Röhren werden zahlreiche Borstenwürmer sessil, ebenso die meisten Gephyreen oder Sternwürmer. Diese Tiergesellschaften, welche jeder Meeresküste ein typisches Gepräge aufdrücken, treten im Süßwasser in den Hintergrund; manche sind vom Meere her eingewandert, Schwämme, Bryozoen, Hydra, Cordylophora; sonst sind am Felsen wohl angesponnene Phryganidenröhren, im Schlamm oligochäte Borstenwürmer zu nennen.

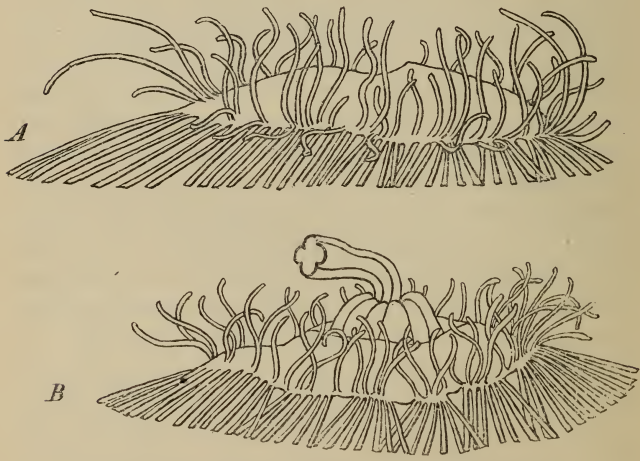
Das **Bohren im Schlamm** wird durch mancherlei Einrichtungen erleichtert. Das wurmförmige Chätoderma hat eine verdickte Stirnscheibe. Balanoglossus bohrt mit der schwellbaren Eichel, ähnlich die Dentalien und Muscheln mit dem durch Blut geschwellten Fuß, wobei die Dentalien und Solenomyen Ausladungen an dessen Vorderende als Anker benutzen. Natica nimmt

am Rande des Vorderfußes durch feine Spalten Wasser in besondere Räume auf, welche den ganzen Fuß durchziehen, und gräbt mit dem geschwellten Organ, nachdem sie die Spalten durch Muskeln verschlossen hat.[1]

Mit der **Sessilität** hängen mehrere Umbildungen zusammen. Der After rückt vielfach, damit die Auswurfstoffe die unmittelbare Umgebung möglichst wenig verschlechtern, vom Hintergrunde weg nach dem Munde zu, bei Ascidien, Bryozoen, den meisten Sternwürmern. Wichtiger und mit der Körperlast im Zusammenhang ist eine Veränderung, die mit der Bewegung zusammenhängt. Um die Körperlast fortzuschaffen, bildet jedes vielzellige Tier eine **Längsachse**, ein Vorder- und Hinterende aus, um für diese schwierigste Aufgabe die ganze Kraft in einer Richtung zu konzentrieren. Bei den seßhaften Formen fällt die Aufgabe fort. Dafür strecken sie um die Mundöffnung nach allen Seiten Tentakel oder Fangarme aus, um das beschränkte Areal für die Nahrungsgewinnung möglichst auszunutzen: die Tentakel der Seerosen und Korallen, die verzweigten Arme der Haarsterne, in geringerem Grade die Tentakel der Bryozoen. Auf solche Weise nimmt der Vorderkörper eine strahlige Form an. Und wenn sich solche sessile Tiere wieder loslösten und frei beweglich wurden, dann entstanden die strahligen oder **radiären Typen** der Quallen und Stachelhäuter (Seesterne,

[1] Andere Bohrapparate sind bei Seeigeln die Zähne des Kauapparates, mit denen sie festes Gestein solange stoßen und zerkleinern, bis in der Gezeitenzone ein halbkugeliges Nest entstanden ist, das vom Tier gerade ausgefüllt wird. Bohrmuscheln, in Holz oder Kalk sich eingrabend, machen mit der gezähnelten Schale drehende Bewegungen. Einige Helixarten bohren sich Löcher im Kalkfelsen wahrscheinlich durch Kohlensäureabscheidung, welche das Karbonat in Bikarbonat verwandelt und löslich macht.

Schlangensterne, Seeigel, Seewalzen). Sie konnten sich bloß in der ruhigen Meeresflut halten, die Quallen, indem sie durch pulsierendes Schließen und Oeffnen der Glocke zugleich atmen und schwimmen, die Stachelhäuter, indem sie, mit einigen Ausnahmen, durch Blut geschwellte Saugfüßchen gruppenweise auf dem Boden befestigen und sich langsam weiterschleppen, gleichgültig, in der Richtung welchen Strahles, eine Bewegungsform, die auch einzelne Quallen mit ihren Randtentakeln nachahmen (Fig. 7). Hier haben sich die Formen in einer Sackgasse verrannt, die zwar vielerlei Variabilität und Ausgestaltung im einzelnen zuläßt, aber nicht den Ausgang für höhere Entwickelung abgeben kann. Einzelne Seeigel



Figur 7. Eine mit Hilfe von Saugarmen kriechende Qualle, Pentanthis asteroides.
it dem Munde nach unten, B mit dem Munde nach oben.

und Seewalzen verschieben allerdings Mund und After von den Polen in einen Strahl und gehen damit vom strahligen Bau zum bilateral-symmetrischen über, bleiben indes immer noch der Hauptsache nach radiär. Alle Höherentwickelung ist an den zweiseitig symmetrischen Bau mit ausgesprochenem Kopfende gebunden, von den Turbellarien oder Strudelwürmern bis zu den Säugern.

Nachdem zunächst der einfache Plattwurm durch einen fortgesetzten Teilungsprozeß sich vermehrt hat, die einzelnen Teilstücke aber als Metamere zu einer Kette vereinigt geblieben sind und durch Arbeitsteilung sich unter einander differenziert haben (s. Bd. II), treiben die einzelnen Metamere seitliche Sprossen als Stützen bei der Bewegung, die Fußstummel der Anneliden, wobei der Körper noch immer in ganzer Länge auf dem Grunde schleppt.

Die erschwerte **Bewegung auf dem Lande** (s. o.) erfordert zunächst eine außerordentliche turnerische Uebung, welche die Muskulatur weiterbildet, so daß jetzt die quergestreifte Muskelfaser, die bei niederen Tieren nur vereinzelt an besonders thätigen Organen auftrat, zur Herrschaft gelangt, bei den Gliedertieren im ganzen Körper, bei den Wirbeltieren in der Stammmuskulatur. Dazu bilden sich an Stelle der Fußstummel kräftige, verlängerte Extremitäten, die, als Hebel geknickt, den Leib von der Unterlage abheben und eine schnellere Lokomotion ermöglichen. Am gleichmäßigsten bei

[1] Die bei ihrer Kugelform besonders ungeschickten Seeigel machen diesen Nachteil einigermaßen wett durch die Ausbildung langer, gelenkig beweglicher Stacheln, die als Stelzen gebraucht werden. Etwas einigermaßen Verwandtes sind die kleinen Kalkanker in der Haut der Klettenholothurien oder Synapten, welche die fehlenden Ambulacralfüßchen biologisch ersetzen.

den Tausendfüßern, beschränken sie sich immer mehr auf den Vorderkörper, in größerer Zahl bei den Krebsen, in vier Paaren bei den Spinnen, in drei bei den Insekten. Dabei verkürzen sich die Füße der hinteren Metamere bis zum Schwunde, nur vereinzelt erhalten sich Stummel, zum Teil unter Funktionswechsel, die Springgabel der Poduriden, die Afterfüße der Raupen und Blattwespenlarven, die Hüftsporne der Thysanuren. Das letzte Gangbeinpaar wird durchweg am längsten, und der Hinterleib verkürzt sich so weit, daß der Schwerpunkt des Körpers über der durch die Fußenden begrenzten Fläche liegt, bei den Skorpionen wird er über den Vorderkörper nach oben gekrümmt, bei den Krabben nach unten. Bei den Spinnentieren ist die Verkürzung am klarsten, insofern als Skorpione, Solpugen, Pedipalpen, Bücherskorpione, Weberknechte, echte Spinnen und Milben eine fortlaufende Reihe darstellen mit immer stärkerer Verkürzung und Verschmelzung der Leibesabschnitte. Die Wirbeltiere entwickeln zwei Paare von Gliedmaßen, im Zusammenhang mit einer stützenden Wirbelsäule.[1]

Diese Erwägungen machen es wahrscheinlich, daß auch Fische und Krebse von terrestrischen Vorfahren abstammen.

Bei den Insekten übernimmt, wie gesagt, das hinterste Beinpaar die Hauptstütze, es wird oft zum Sprung-

[1] Die erste morphologische Anlage der Wirbeltierextremitäten ist unklar, die verschiedenen Theorien lassen sie entweder von einer Längsfalte des Körpers, der Wolff'schen Leiste, einer Art Seitenflosse — oder von den hinteren Kiemenbogen —, oder von äußeren Kiemen ausgehen.

bein. Damit erhält das vorderste Paar größere Freiheit für andere Aufgaben als Grabfuß (bei Mistkäfern, Maulwurfsgrillen, Grabwespen), als Fangbein (bei Mantis und vielen Wanzen) u. dergl. m. Aehnlich übernimmt die Hinterextremität der Wirbeltiere den Hauptanteil bei der Lokomotion, außer bei der Rückwanderung ins Wasser und der Umformung der Vorderbeine zur Flosse. Auf dem Lande dienen die Vorderbeine bald zum Graben, bald als Hände zum Greifen und Klettern (Chamäleon, Affen). Die Schnelligkeit der Bewegung wird erhöht durch Verlängerung der Extremitäten, und diese steigert sich durch die Loslösung der proximalen Fußteile vom Boden; Hasen, Hunde und Katzen treten auf dem unteren Ende des Mittelfußes auf, die Huftiere schließlich auf den Zehenspitzen, so daß die flüchtigen Antilopen und Pferde das Maximum dieser Entwickelungsrichtung darstellen, ihnen zur Seite Springmäuse und Känguruhs. Eine besonders freie Bewegungsform zeigen die springenden Frösche: die verkürzte, steife Wirbelsäule, die langen Hinterbeine, das am Kreuzbeinwirbel gelenkige Becken, die zu einem Knochen verschmolzenen Schwanzwirbel, deren Herabdrückung ins Becken das Vorderende in die Höhe wirft und das Tier bei gestreckten Hinterbeinen wie einen Pfeil durch die Luft schießen läßt. In gleicher Weise, wie bei den Gliedertieren, wird der Schwanz der Wirbeltiere schmächtiger und kürzer, je mehr sich der Leib auf den Beinen vom Boden erhebt. In vielen Fällen erhält er sich, indem er besondere Leistungen übernimmt, beim Kriechen am Boden (Molche, Echsen, Schlangen), als Stütze (Springmäuse, Känguruh),

als Steuer (dieselben, Katzen, Eichhörnchen), als Ruderschwanz, entweder in horizontaler Verbreiterung (Biber, Wale), oder in vertikaler (Fische, Tritonen, Krokodile, Seeschlangen), als Kletter- oder Greifschwanz (Seepferdchen, Chamäleone, manche Baumschlangen, Wickelbären, Binturongs, Mus minutus, Greifstachler, Affen, in höchstem Maße die amerikanischen Greifschwanzaffen), ein kurzer Schwanz endlich als Rückhalt und Stütze beim Graben und Wühlen (Typhlopiden und Glauconiiden unter den Schlangen).

Der Schwerpunkt des Körpers, dessen richtige Lage teils durch Muskelgefühl, teils und hauptsächlich durch das Ohr oder die Statocyste beurteilt wird (s. u. Kap. IV), wird bei der Lokomotion meist in gerader Linie vorwärts bewegt, indem der Körper gleichzeitig auf Beinen der linken und rechten Seite ruht, entweder auf je einem zusammengehörigen Paar (Galopp der Raupen und Säuger, Hüpfen und Springen) oder auf der ungeraden rechten und geradzahligen linken und dann umgekehrt (Insekten, Krebse, Spinnen, Schildkröten, Krokodile, Säuger), oder endlich auf abwechselnden Beingruppen (Tausendfüßer). Dieselbe Wirkung wird erreicht durch schlängelnde Bewegungen der Wirbelsäule mit immer gleich starkem Ausschlag der Krümmungen nach rechts und links (Echsen und Schlangen, auch wohl Regenwürmer). In seltneren Fällen schwankt der Schwerpunkt abwechselnd nach rechts und links, indem der Körper erst auf den Beinen der rechten Körperhälfte ruht und dann auf denen der linken (Paßgang der Kamele).

In den meisten Fällen ist die Symmetrie des

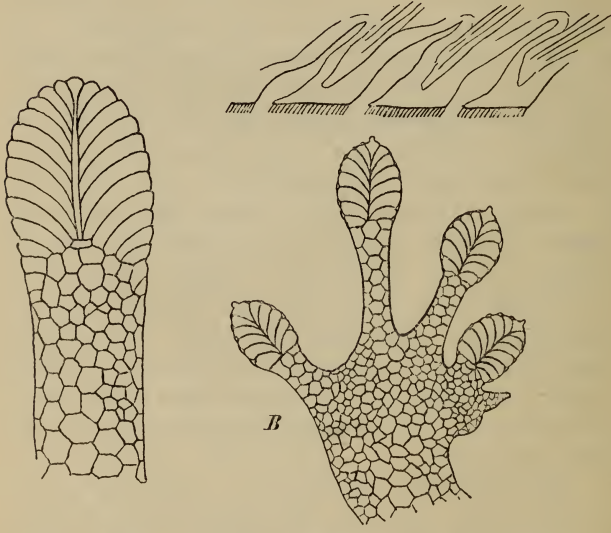
Körpers keine vollkommene; das bedingt, so lange kein bestimmtes Ziel ins Auge gefaßt wird, eine konstante Abweichung von der geraden Linie, die schließlich eine Bewegung im Kreise mit Rückkehr zum Ausgangspunkt bewirken muß. Krähen, im Schwarm vereinigt, schwenken nach rechts und links ab und kehren im Kreis wieder zurück. Wahrscheinlich überlassen sie sich dabei lediglich der ungleichen Ausbildung ihrer Körperhälften. Ein gehetzter Hase kehrt endlich wieder zum Lager, von dem er aufstand, in voller Flucht zurück ꝛc. Vermutlich hat diese unwillkürliche Kreisbewegung Beziehung zu dem Areal, das jedes Tier bewohnt. Fälle stärkerer Asymmetrie sind nicht häufig. Die Flachfische, Flundern, Schollen ꝛc., schwimmen anfangs normal, bis sie bei ihrer Höhe und Schmalheit auf eine Seite fallen, Grundfische werden und das dem Boden zugewandte Auge allmählich auf die obere Seite wandern lassen. Die Asymmetrie des Schneckenhauses ist vielleicht so entstanden zu denken, daß die anfangs flache, napfförmige Schale im Interesse leichterer Beweglichkeit hoch und kegelförmig wurde, und sich nach hinten umlegte und zwar, um die anfangs am Hinterende gelegene Atemhöhle nicht zusammenzudrücken, schräg nach links, worauf sich die Atemhöhle nach rechts verschob und die Aufwindung eingeleitet wurde[1]. Im Anschluß an das Schneckenhaus ist der Einsiedlerkrebs, der es bewohnt, gezwungen, den Hinterleib schief zu tragen.

Am freiesten wird die Bewegung, wenn die hinteren

[1] Man kann die Asymmetrie des Schneckenhauses auch aus der Rückenschale ableiten; sie bewirkte, wie bei den in Gehäusen seßhaften Tieren, Verschiebung des Afters nach vorn auf der Bauchseite in der Medianebene (Tintenfische). Bei den Schnecken aber zwang die am Boden befestigte Sohle den After zu seitlichem Ausweichen, meist nach rechts.

Extremitäten allein die Stütze des Körpers bilden und der Vorderkörper sich aufrichtet. Viele Säuger nehmen diese Haltung beim Sitzen ein, schwieriger und seltener bei Gang und Lauf: manche Eidechsen, z. B. Chlamydosaurus, Vögel, Paviane, Menschenaffen, Mensch.

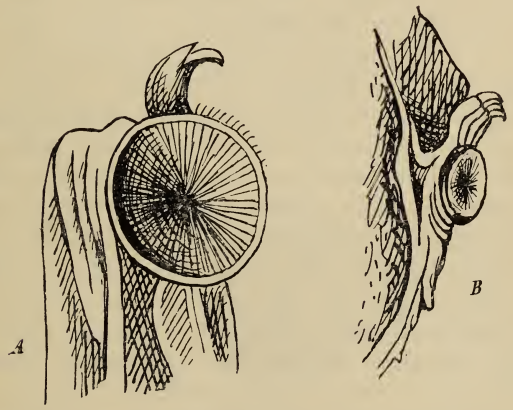
Zum **Klettern** dienen bald Hände und Greifschwanz (s. o.), bald Klebstoffe an den Füßen (Fliegen, Laubfrosch), bald die Adhäsion der feuchten Körperhaut (Molche, Laubfrosch), bald Saugvorrichtungen,



Figur 8. A Schwanz, B Fuß eines Geckoniden, Lygodactylus, von der Unterseite. Darüber ein Längsschnitt durch die Haftlappen des Fußes, die unten mit bürstenartig gestellten Borsten besetzt und im Innern mit Muskeln versorgt sind.

wie die Haftlappen der Fliegen oder die Saugnäpfe der Landblutegel, bei diesen allerdings nicht als terrestrische Neuerwerbung. Am eigenartigsten ist vielleicht die Vorrichtung an den verbreiterten Fingern und Zehen der Geckoniden, die ihnen erlauben, selbst an der Unterseite der Zimmerdecke entlang zu laufen. Die Fläche ist in eine Anzahl durch Muskeln aufrichtbarer Haftlappen geteilt, ein bürstenartiger Besatz mit starren Borsten erhöht das Bestreben, den Fuß, dessen Ränder der Unterlage aufliegen, von derselben abzuheben, erhöht also die Saugwirkung. Bei Lygodactylus hat auch die Schwanzspitze eine solche Haftscheibe (Fig. 8).

Selbst bei Fledermäusen, die in hängender Stellung ruhen, kommt es zur Ausbildung von Saugnäpfen (Fig. 9).



Figur 9. A Hand, B Fuß einer Fledermaus (Thyroptera tricolor), mit je einer Haftscheibe.

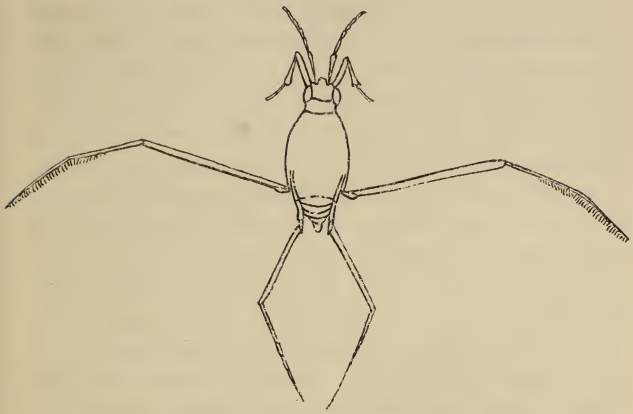
Hier mag auf die Endklauen oder Krallen an allen Insektenfüßen hingewiesen werden, die es ihnen ermöglichen, auch bei stärkstem Winde mühelos an den Pflanzen zu haften.

Vielleicht die schwierigste lokomotorische Leistung auf dem Lande fällt den Schnecken zu, da ihre Sohle in gleichmäßigem Gleiten sich über den Boden fortschiebt[1]. Um auf jeder Unterlage eine gleichförmige Geschwindigkeit zu ermöglichen, wird von der Sohle und namentlich von der an ihrem Vorderrande ausmündenden Fußdrüse das erwähnte Schleimband ausgeschieden, so daß nicht der wechselnde Reibungskoefficient zwischen Sohle und Bodenfläche, sondern der beständige zwischen Sohle und Schleimband maßgebend ist; um aber die gleitende Reibung einigermaßen in die günstigere rollende zu verwandeln, ordnen sich bei den Landschnecken die Hauptdruckpunkte in bestimmten Querwellen, die gleichförmig von hinten nach vorn über die Sohle hinziehen. Die Deckelschnecke Cyclostoma, welche dieser Regelmäßigkeit entbehrt, hat die Sohle durch eine tiefe mediane Längsfurche in zwei Hälften geschieden, welche sich abwechselnd vom Boden lösen. Die gelöste wird in der Luft vorgeschoben und dann durch Blutdruck wieder niedergesetzt. Dieser „Schritt" wird unterstützt durch die sich ansaugende kreisförmige Vorderfläche der Schnauze.

Eine besonders leichte Beweglichkeit erhalten die auf dem Wasser gleitenden Wanzen oder Wasserläufer (Hydrometriden). Die verlängerten Mittel- und Hinterbeine schaffen eine große Stützfläche, ihr eingefetteter Borstenbesatz

[1] Manche einzelligen Tiere gleiten auf der Unterlage durch eine nach hinten gerichtete Schleimabsonderung, die sie vorwärts schiebt, so die Gregarinen.

verhindert das Einsinken. Auf tropischen Meeren läuft Halobates umher, bei dem der Hinterleib sich besonders verkürzt und die Eingeweide in den Thorax verlagert werden (Fig. 10).



Figur 10. Halobates.

Uebergänge zum **Flug** bilden die mancherlei Fallschirme bei kletternden Tieren, die seitlichen Hautfalten bei Flughörnchen, Flugbeutlern und Galeopithecus, beim fliegenden Drachen durch verlängerte falsche Rippen gestützt, die Schwimm- oder Flughäute zwischen den Fingern des Flugfrosches (Rhacophorus). Weniger wird man hierher rechnen können die vergrößerten Brustflossen fliegender Fische in mancherlei Abstufung (Dorade, Dactylopterus, Exocoetus). Hier handelt sich's, wie bei manchen Süßwasserfischen, beim „flying squid", einem Tintenfisch (Ommastrephes), um Tiere, die, verfolgt oder Verfolger, aus dem

Wasser springen oder, wie gewisse Kleinkrebse, ihre Häutung auf der Oberfläche abmachen. Höchstens Exocoetus ist dabei im stande, seine Richtung zu ändern, namentlich wenn er mit dem Schwanz in einem Wellenkamm eine Stütze findet. Sonst läßt er sich mit seinen großen schlackernden Brustflossen vom Winde tragen. Die echten Flieger, Insekten, Flattertiere und Vögel, sind auf dem Lande entstanden. Die Flugmuskulatur kann ein Maß für den Grad des Vermögens abgeben, sie beträgt beim Exocoetus $^1/_{32}$, bei den Fledermäusen $^1/_{15}$, bei den Vögeln $^1/_6$ vom Gesamtgewicht. Die Flügel der Insekten sind Organe sui generis, die an den Brustringen mit den kräftigsten Beinen sitzen, die Fledermäuse spannen eine leichte, dünne Haut zwischen den Fingern aus, die Vögel haben in ihren Federn, aufgefransten und zu hoher Komplikation umgewandelten Reptilschuppen, ein wunderbar leichtes Material. Dazu die bis auf die kleinsten Teile durchgreifende Umbildung des ganzen Körpers, der starre Rücken, der lange, bewegliche Hals, der kleine Schädel, der leichte Schnabel, die großen und doch so sparsam, oft cylindrisch gebauten Augen, die Verlegung des Kauapparates in den Magen, die Verkürzung des Schwanzes mit den zu einem Kamm verschmolzenen letzten Dornfortsätzen zur Stütze der Steuerfedern, die Reduktion der Finger, von denen nur der Daumen mit dem Flügelchen noch zur Nebensteuerung, beweglich ist, die Verschmelzung der Tarsal- und Metatarsalknochen, der Schwund des Wadenbeins, das offene Becken für die Ablage einzelner, großer und harter Eier, die Pneumatizität des Skelets, die Luftsäcke als

Reservoire warmer Atemluft und zugleich zur leichten und geeigneten Verlagerung der Weichteile, die möglichste Verschiebung der Muskulatur (und des Kropfes) nach dem Ansatze der Flügel, lauter Dinge, die dem einen Zwecke dienen, sich das Luftmeer dienstbar zu machen.

Die Geschwindigkeit in der Aufeinanderfolge der Flügelschläge hängt von der Größe seiner Fläche ab (schwirrender Flug der Finken, Kolibris, Fliegen, Hummeln, Libellen, Schwärmer). Große Flügel erlauben den Vögeln bei geschickter Verwendung die Ausnutzung des Windes, Tagfaltern verwehren sie bei stärkerem Winde jedes Fliegen überhaupt. Die höchste Fluggeschwindigkeit sollen die Falken, mit 90 m in der Sekunde, erreichen. Damit leisten auch die Zugvögel das Höchste in Bezug auf das Ausmaß ihrer Wanderungen, die vermutlich dieselben Linien innehalten, auf denen ihre Ahnen sich weiter und weiter ausbreiteten. Als ein Beispiel gegensätzlich beschränkter Beweglichkeit seien die Napfschnecken oder Patellen erwähnt, die nach nächtlicher Wanderung genau an den Ausgangspunkt zurückkehren, so daß sie lange für seßil gegolten haben. Die schnellsten Schwimmer sollen die Schwertfische sein, die wohl in 14 Tagen den Aequator umkreisen können.

Zum Schluß seien noch einige Begriffe angeführt, die unter dieses Kapitel gehören, Geotropismus, Rheo- und Stereotropismus. Bei Pflanzen würde man **Geotropismus** (Barotropismus) in die erste Stelle rücken, um die Abhängigkeit des Wachstums von der Schwere zu kennzeichnen. Im Tierreich scheint er bei Pflanzentieren vorzukommen, die senkrecht im Schlamm stecken. Die Seerose Cereanthus krümmt ihr Unterende, in welcher Lage man sie auch aufhängt, stets senkrecht nach

unten. Bewegliche Tiere werden durch negativen Geotropismus stets an die Oberfläche des Wassers geführt, so das Infusor Paramaecium. Durch Erschütterungen läßt er sich in positiven Geotropismus verwandeln, so daß alle Individuen ausnahmslos an den Boden des Aquariums wandern. Schließlich kann man die Orientierung des Körpers der meisten Tiere, zum mindesten der bilateralen, auf Geotropismus zurückführen.

Rheotropismus ist die Eigenart vieler Tiere, sich bei der Bewegung gegen den Strom zu stellen, sei es im Wasser, sei es im Winde (Anemotropismus). Fische und Krebse machen es so in der Strömung, die Wasserläufer, Limnobates, auf dem Wasser, die Vögel fliegen mit Vorliebe gegen den Wind, die Tanzmücken, Tanz- und Schwebfliegen stehen in der Luft gegen den Wind oder tanzen in gleicher Richtung auf und ab; stärkere Luftbewegung veranlaßt sie, sich am Boden zu bergen. Die Wanderheuschrecke, zum mindesten die amerikanische Felsenheuschrecke, Caloptenus, fliegt bei schwachem Winde in dessen Richtung, bei stärkerem entgegengesetzt (negativer und positiver Anemotropismus). Tagschmetterlinge, die oberflächlich im Winde sitzen, orientieren sich entsprechend. Es ist klar, daß in allen diesen Fällen die leichteste Ueberwindung des Hindernisses bei geringstem Kraftaufwande angestrebt wird.

Der **Stereotropismus** oder Thigmotropismus ist bei Tieren, die sich in Spalten und Höhlen zu verbergen pflegen, zu einem so charakteristischen Zwange geworden, der den Körper an feste Gegenstände sich anzuschmiegen treibt, daß Röhrenwürmer unter Umständen lieber in vollem

Licht zwischen zwei durchsichtige Glasplatten schlüpfen, als in die dunkle Ecke daneben. Stereotropismus und Geotropismus wirken, wenn man so will, zusammen, wenn sich Insekten u. a. in der Ruhe ihre Längsachse in die Vertikalebene einstellen.

III. Licht und Farbe.

Wiewohl das Sonnenlicht zu den Tieren in den Abgründen der Gewässer, in den unterirdischen Höhlen und im Innern anderer Organismen (Schmarotzer) so gut wie niemals gelangt, unterliegt es doch keinem Zweifel, daß die ganze tierische Schöpfung bis in ihre feinsten Einzelheiten hinein unter diesem mächtigen Einfluß stand. Er zeigt sich im Wachstum, in der Bewegung (Schlafen und Wachen), in der Färbung, in der Entwickelung von Sinneswerkzeugen. Schließlich kommt das Licht hinzu, welches die Tiere selber erzeugen; auch dieses hat nur Bedeutung auf Grund der unter dem Einfluß des Sonnenlichtes entstandenen Augen.

Die **Abstufungen der Lichtwirkung** sind sehr verschieden je nach dem Aufenthalt der Tiere oder nach den Abschnitten des Spektrums. Milben und Springschwänze aus tiefen Höhlen (Troglobien) sollen vom Sonnenlicht schnell getötet werden, wenn andere oberirdisch lebende Verwandte unter gleichen Bedingungen am Leben bleiben. Seidenspinnereier ergaben im weißen Licht und im Violetpurpur die kräftigsten Raupen, die meiste Seide, die meisten Weibchen, und aus den Schmetterlingen die meisten Eier. Gelbes Licht wirkte ähnlich, blaues entgegengesetzt, ein Resultat, das im einzelnen kaum vorhergesehen werden konnte.

Giebt man Tieren die Wahl, zwischen rot- und blauerleuchteten Räumen zu wählen, dann bevorzugen die im Dunkeln lebenden meist den roten, die Lichtfreunde den blauen. Naturgemäßer ist es, bloß mit den Abstufungen des Tageslichtes zu operieren. Licht wird wahrgenommen, gleichgültig, ob das Tier Augen hat oder nicht (dermatoptische Funktion). Ganze Reihen solcher augenlosen Tiere geben Belege. Die Regenwürmer schrecken am stärksten zusammen, wenn man ihren Vorderkörper beleuchtet, ähnlich eine Lungenschnecke, auch wenn sie der Augen beraubt ist, manche Polypen und Seerosen (Cereanthus, Edwardsia, lucifuga), Seescheiden (Ciona), Schwammlarven suchen den Schatten auf. Die Muscheln, deren Mantelrand mit den Siphonen der lichtempfindliche Teil ist, verhalten sich sehr wechselnd, indem sie bald auf Helligkeit, bald auf Schatten reagieren, bald auf beides, wonach man sie photoptisch, skioptisch oder photoskioptisch nennen kann. Merkwürdig ist, wie schnell sie sich auf die erste Reaktion hin an den Reiz gewöhnen. Die lichtempfindlichen Muscheln, Psammobia im höchsten Maße, Solen, Pholas, Lima, haben zarte zerbrechliche Schalen und leben geschützt im Sandboden oder in selbstgegrabenen Höhlen; umgekehrt haben die schattenempfindlichen, Venus, Unio, Cardium, Cytherea, Ostrea, starke, oft stachelbewehrte Schalen, sie sitzen offen dem Felsen auf oder graben sich nur zeitweilig im Grund ein und führen im übrigen ein bewegliches Leben. Die meisten Muscheln sind zugleich licht- und schattenempfindlich, wenige (Solecurtus, Loripes) sind absolut gleichgültig.

Unter den Protozoen zieht sich Pelomyxa palustris bei plötzlicher Beleuchtung sofort zusammen. Bei solchen mit Chlorophyll, wie Stentor viridis, mengt sich natürlich die Wirkung des Farbstoffs störend ein. Als eine Klasse, welche ebenso blinde Formen (Geophilus u. a.) umfaßt als solche mit Augen (Lithobius u. a.), können die Myriopoden genannt werden; die Lichtempfindlichkeit dieser schattenliebenden Tiere ist unterschiedslos. Im allgemeinen sind Tiere, die versteckt in Röhren leben, negativ heliotropisch. Für den Heliotropismus ist erst eine gewisse Intensität des Lichtes erforderlich. Verstärkte Intensität richtet die Tiere, besonders die Insekten, genauer aus in der Richtung der Strahlen; die Ausrichtung hängt mit verschiedener Reizbarkeit der Bauch- und Rückenseite, des Vorder- und Hinterendes zusammen. Die Reizbarkeit tritt oft nur in bestimmten Lebensperioden besonders hervor, bei den Ameisen zur Zeit des Hochzeitfluges, bei den Blattläusen, wenn die geflügelten Generationen vorhanden sind, die Maden der Schmeißfliegen (Musca vomitoria) sind am Ende der Larvenzeit ausgesprochen negativ heliotropisch, d. h. sie suchen Puppenverstecke auf. Die Fliege selbst ist positiv heliotropisch, und solcher Wechsel kommt vielen Insekten zu. Nacht- und Tagschmetterlinge sind positiv heliotropisch, nur daß dies bei ersteren, die am Tage schlafen, bloß in der Dämmerung hervortritt, so daß sie selbst in die Kerze fliegen. Bei manchen Tieren ist starke Reizbarkeit vorhanden, obgleich sie im Leben nie Bedeutung erlangt. So ist die Raupe des Weidenbohrers energisch heliotropisch, da sie doch im Holze lebt. Von großer

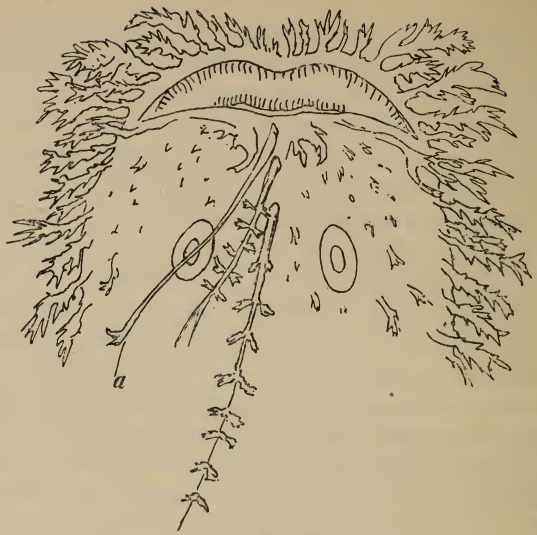
Wichtigkeit scheint der wechselnde Heliotropismus pelagisch lebender Larven zu sein. Für die Nauplien der Rankenfüßer oder Cirripedien ist nachgewiesen, daß sie nach längerem Verweilen im Dunkeln positiv heliotropisch sind, dann aber bei stärkerer Helligkeit negativ heliotropisch werden. Es ist klar, daß damit die täglichen vertikalen Wanderungen zusammenhängen. Mit dem Morgengrauen steigen sie zur Oberfläche empor, um bei hellem Tage wieder nach unten zu gehen.

Wie hier und in den meisten Fällen ein Wechsel der Bewegungsrichtung, sowie von Schlaf und Wachen durch das Licht ausgelöst wird, so muß umgekehrt in der unausgesetzten Belichtung während des polaren Sommers der Schlaf auch bei Tagtieren am Tage eintreten, während Nachttiere Tagesgewohnheiten annehmen, die Schneeeule jagt bei Tage, boreale Nachtschmetterlinge fliegen, Laufkäfer jagen bei Tage.

Am augenfälligsten ist der Einfluß des Lichtes bei der **Färbung** der Tiere. Sie zeigt sich in großen Zügen da, wo ganze Teile der Erdoberfläche ein gleichmäßiges Kolorit haben. Solche Gebiete sind die Wüste, die Schneelandschaft der Polarzonen, der freie Ozean, in geringerem Maße die pelagische Region der Binnenseen. Die Tiere der Wüste sind sandfarben, Beutetiere zum Schutz gegen Räuber, Räuber, um die Beute ungesehen beschleichen zu können; an die Wüste schließt sich die Steppe an, die, so lange sie zeitweilig grün ist, ihre Bewohner in der Pflanzendecke verbirgt, in der Trockenzeit aber ein bodenfarbenes Kleid verlangt. Der Polarschnee erheischt weiße Färbung (Eisbär, Hermelin, Schneeeule, Schneehuhn u. a.), Allesfresser

ohne Feinde sind nicht zu solcher Anpassung gezwungen, daher der Kolkrabe schwarz bleibt. Die hohe See erzeugt die durch und durch farblosen Glastiere, bei denen höchstens Magen und Darm gefärbt sind, aber nur einen kleinen Körper innerhalb einer großen unsichtbaren Hülle darstellen und somit gegen schnappende Schnauzen, die zu ihnen im geeigneten Größenverhältnis stehen, trefflich geschützt sind. (Quallen, Kruster, Sagitten, Alciopiden, Rotatorien, Tintinnen, Radiolarien, sehr viele Larven; nicht dagegen verfolgende Fische, Wale und Seevögel.) Die Hochseefische sind anders geschützt, von unten zeigen sie den Silberbauch gegen den im total reflektierten Lichte silbern erglänzenden Wasserspiegel, von oben das Blau des Ozeans, selbst mit zierlicher Wellenkräuselung (Makrele).[1] Im Süßwasser kommen als Glastiere wohl einige Protisten, Rotatorien, Naiden und namentlich Cladoceren in Frage (Sida cristallina). Als Gebiete mit leidlicher Einfarbigkeit kann man etwa nennen die Tangwiesen des Strandes und besonders die schwimmenden Massen der Sargassoseen, deren Bewohner oft an Farbe und Form den Tangblättern gleichen (der Fetzenfisch, dem im schwimmenden Tang der Antennarius entspricht, der Seeteufel (Fig. 11) mit seinem algenartigen Kieferbesatz, viele nackte Hinterkiemer, am bekanntesten Dendronotus arborescens), — sodann die tieferen Strandpartien gegen die

[1] Der Schiffshalter, Echeneis remora, der sich mit der zu einem Saugnapf umgestalteten Rückenflosse am Rücken größerer Fische festhaftet, ist demgemäß am Rücken silbern, an dem nach oben gedrehten Bauch dunkel.



Figur 11. Kopf von Lophius Nares.
a Erster Strahl der Rückenflosse, frei beweglich als Angel.

untere Grenze des Pflanzenwuchses, wo ein gleichmäßiger Florideenrasen vorherrscht; hier wechseln die Tiere vom Bodengrau (Spatangiden, Ophiuren, Anneliden) bis zu Rosa und lebhaftem Karmin (die Hinterkiemer Doto, Rhodope u. a.). Ihnen an die Seite stellen kann man wohl auf dem Lande das Grün der Wiesen und Steppen, Gebüsch und Baum, insofern als hier eine große Menge von Tieren ein braunes oder grünes, oder ein aus beiden Tönen gemischtes Kleid hat (zahlreiche Raupen und Blattwespenlarven, Locusten und Wanderheuschrecken, grüne und braune Spinnen, Chryso-

meliden, Spanner und Eulen, Meerkatzen und Faultiere; der Colobus guereza, schwarz mit Seitenstreifen langer weißer Haare, gleicht dunklen Stämmen mit Bartflechten, das Haar der Faultiere ist direkt von einzelligen Algen durchwachsen). Man kann hier die Laubschicht am Waldesboden anreihen mit vielen dunkel und düster gefärbten Tieren (Asseln, Wolfsspinnen, Myriopoden, Rhynchodemus ꝛc.).

Anders völlige Dunkelheit, die vorwiegend zwei oder drei Kategorien betrifft, die abyssischen Tiere der Binnengewässer, etwa unterhalb 100 m, wo kein Licht mehr hindringt, verschieden je nach Jahreszeit und Pflanzenwuchs, im Winter tiefer als im Sommer, die Bewohner unterirdischer Höhlen und Grotten oder Troglobien; und daran sich anschließend in allerlei Uebergängen die bohrenden Tiere, in der Erde, in Wurzeln, in Holz und Rinde, im Mark (besonders Insektenlarven), und schließlich die Binnenschmarotzer oder Entoparasiten (Bandwürmer, Trematoden, Spulwürmer, Trichinen u. a. Nematoden, Schlupfwespenlarven, Raubfliegenmaden u. a. m.).

Nur in bedingter Weise schließen sich hier die ungeheuren Tiefengebiete des Ozeans an, unter etwa 400 m, bedingt deshalb, weil hier häufig animalisches Licht leuchtet (s. u.). Die allgemeine Folge der Dunkelheit ist Pigmentreduktion, Bläße, häufig allerdings auch Rot, seltener andere einfache Farben (s. u.).

Den stärksten Reichtum an Farben zeigt das Meer in der Litoralregion in regelmäßiger Steigerung von den Polen gegen den Aequator, das höchste Maß

zeigen die Korallenriffe mit ihren bunten animalischen Blumenstöcken und einem Heer darauf und dazwischen sich tummelnder Tiere von unglaublicher Buntheit aus den verschiedensten Typen (Seerosen, Stachelhäuter, polyclade Strudelwürmer, nackte Hinterkiemer, Anneliden und grellbunte Fische). Ihnen entspricht auf dem Lande die blumengestickte Wiese und die blütenreiche oberste Kronenschicht des tropischen Urwaldes, im Gegensatz zu seinen tieferen Schichten. Dazu alle die Abstufungen des Gesteins, der Stämme, des toten Laubes, der Flechten ꝛc. Jedes einzelne Objekt kann benutzt werden, um einem Tier, das in der Ruhelage die gleiche Färbung und Zeichnung zeigt, als Schutz zu dienen. Das meiste leisten wohl in Bezug auf Buntheit der Schutzfärbung die Insekten, in erster Linie die Schmetterlinge, in absteigender etwa sich anschließend die Käfer, Hautflügler, Schrecken, Libellen, ebenso die Vögel, die Echsen und Schlangen, die Frösche vielleicht etwas weniger. Als Beispiele auffallend lebhafter Schutzfärbung mögen etwa gelten grüne Tauben und Papageien und Laubfrösche in grünem Laub, weiße und rosenrote Spinnen (Tomisus) auf ebensolchen Blüten, eine grell rosa Mantide oder Gespenstheuschrecke auf roter Orchidee von Java, die Perlmutterflecke und -striche auf grünlichem Grunde auf der Unterseite der Flügel unserer Perlmutterfalter und Silberstriche, die sich vormittags auf tauigen Waldwiesen tummeln, nachmittags aber, wenn die risierenden Tautropfen verschwunden sind, die Kronen der Waldbäume bevorzugen.

In manchen Fällen ergänzen sich lebhafte Färbungen und Zeichnungen zu einer Gesamtwirkung, die, scheinbar grell, doch guten Schutz giebt. So wird grelles Rot an grünen Papageien im Laub als Komplementärfarbe nicht bemerkt; und die allgemeinste Erscheinung ist die hellere Bauchseite bei sehr vielen größeren Tieren, sie hebt den verräterischen Schlagschatten auf, mit dem sie sich zu einem Mittelton kompensiert.[1] Die grelle Zebrastreifung verwischt sich in der Dämmerung, so daß das Pferd wie ein kaum sichtbarer Schatten dahinhuscht. Wie wichtig die Aufhebung des Schlagschattens ist, kann man an der Haltung der Tagfalter und anderer Insekten beobachten. Die ersteren setzen sich, mit zusammengeschlagenen Flügeln, genau in die Richtung des einfallenden Lichtes, so daß sie keinen Schatten werfen.

Sonst können auffallende Färbungen und Zeichnungen sehr verschiedenen Wert haben; manchmal wohl gar keinen, sie sind indifferent wie die Perlmutter unserer Muscheln und Schnecken oder manche lebhaft violette Tiefseeform (z. B. Holothurien), wiewohl uns dafür vielleicht nur das Verständnis fehlt; im allgemeinen sind es alle die physiologischen Farben, die mit dem Stoffwechsel in Beziehung stehen, ohne bereits zu einer über den Organismus hinausreichenden Wirkung verwendet zu sein, wie das Rot des Blutes, das oft genug bedeutungslos durchscheint. Die meisten lebhaften Zeichen lassen sich unter drei Gruppen zusammenfassen: als Signal-, als Schmuck- oder als Trutzfarben.

Signalfarben sind lediglich für die Artgenossen bestimmt

[1] Eine erdfarbene Kugel wird, auf der Erde liegend, viel eher und weiter wahrgenommen, als eine gleiche mit weiß abgetönter Unterseite.

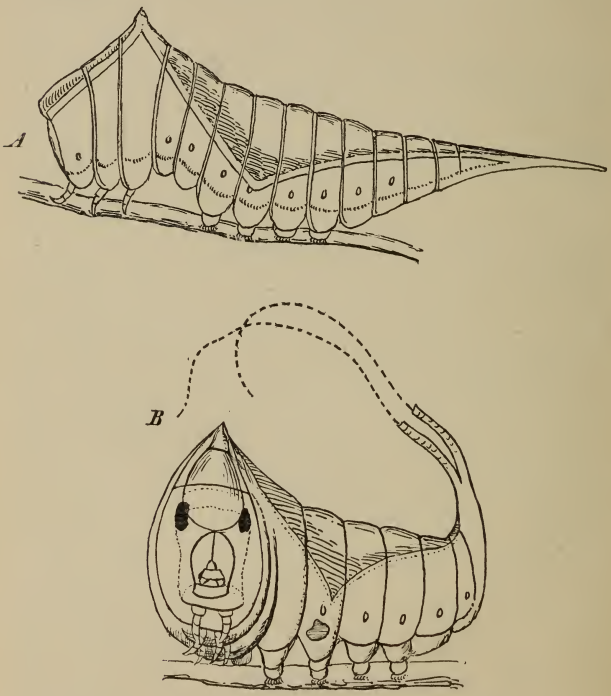
als Erkennungszeichen, besonders bei gemeinsam hausenden Formen. Sie finden sich wohl nur bei den höheren und höchsten Klassen, der weiße Schwanz der Hasen, der Spiegel des Rehs, welche auf der Flucht die Richtung angeben, ohne dem Verfolger einen Angriffspunkt zu gewähren, die mancherlei auffallenden Zeichnungen (und Hornformen) der Antilopen, als Signale für die zerstreute Herde.

Schmuckfarben treten nur im geschlechtlichen Interesse auf, um sich dem anderen Geschlecht auffällig und (wohl nur in der höheren Tierwelt) ästhetisch angenehm zu machen. Sie kommen durchweg nur dem aktiveren Männchen zu, während das Weibchen im Interesse der Brutpflege viel häufiger der Schutzfärbung bedarf. (Dabei kann es geschehen, daß die Weibchen derselben Art und derselben männlichen Form verschiedene Schutzfärbungen annehmen auf verschiedenem Terrain; zu einem und demselben Männchen von Papilio merope gehören 14 verschiedene Weibchen!). Die Schmuck- oder Putzfarbe wird am schönsten bei den Tagfaltern, sie tritt zurück bei den Dämmerungs- und noch mehr bei den Nachtschmetterlingen. Sie ist immer nur an Körperstellen entwickelt, die im Wachen gezeigt und in der Ruhe versteckt werden (Oberseite der Tagfalterflügel, Hinterflügel der Schwärmer ꝛc.). Mit den Schmetterlingen wetteifern die Vögel, Hühner, Kolibris, Paradiesvögel, Felsenhahn, Weberfinken, Pirol ꝛc., dazu Fische (Stichlinge), Amphibien (Kammmolche) und Reptilien (Lacerta agilis ꝛc.) Unter den Vögeln erreicht die Pracht den höchsten Grad bei denen, die in Polygamie leben, da es der Natur auf

den Verlust überzähliger Männchen hier nicht anzukommen braucht. Das Prachtgefieder erscheint am schönsten während der Brutperiode, bisweilen nur in dieser, so daß auch die Mauser in den Dienst der Fortpflanzung tritt, die orangegelben Männchen der Webervögel gleichen nach der Brutzeit den sperlingsartig grauen Weibchen. Das Hochzeitskleid der Fische und Molche zeigt denselben Saisonwechsel; bisweilen steht es unter dem Einfluß des Nervensystems, wie das glühende Rot des männlichen Stichlings (s. u. Farbenwechsel).

Trutz-, Warn-, Ekel-, Schreckfarben sind lebhafte Zeichen, welche andeuten, daß das Tier durch irgend eine Waffe geschützt ist, durch Gifte oder Ekelstoffe. Das Rot der Korallenotter (Elaps), das grelle Gelb des Salamanders, das Rot am Bauche der Unke, die sich in höchster Gefahr auf den Rücken wirft, die roten Flügeldecken der Siebenpunktchen oder Coccinellen, der Zygänen oder Widderchen, die auffallende Zeichnung der Wolfsmilchschwärmerraupen, rote Knöpfe an den mit Nesselbatterien bewehrten Fangarmen vieler Quallen, grelle Kleider der mit den gleichen Nesselkapseln ausgestatteten Cladohepatiker oder Aeolidier (gegenüber der matten Schutzfärbung der unbewehrten), sind Beispiele. Die Wolfsmilchschwärmerraupe wird von den Hühnern verschmäht; sie wird gefressen, wenn man sie grün übermalt. Daß sie aber schlecht bekommt, beweist der nachträgliche Abscheu der betrogenen Hühner auch gegen Raupen, die wirklich eine grüne Schutzfärbung haben, wie die meisten anderen Sphingidenlarven. Alle die trutzfarbigen Tiere verschmähen weiteren Schutz, leben offen, sind langsam ꝛc.

Schreckfarben und **-formen** haben mehr den Zweck, dem Tier ein größeres und furchteinflößendes Aussehen zu geben, wie die mancherlei Aufsätze, Helm und Hörner der Chamäleonarten. Manche Raupen haben derartige Abzeichen, die nur in besonderer Schreckstellung zur Geltung kommen. Der große Gabelschwanz macht eine



Figur 12. Raupe des großen Gabelschwanzes. A in Ruhe, B in Schreckstellung. Die punktierten Linien sind die roten Schwanzfäden.

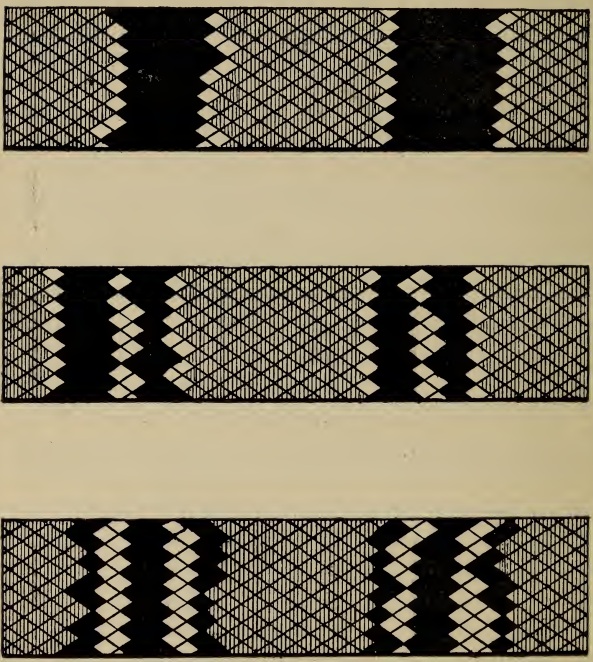
Reihe von Veränderungen durch, die schließlich in Schreckfärbung gipfeln. Die einzeln abgelegten rötlichen Eier erscheinen wie kleine Gallen auf den Weiden- oder Pappelblättern; die jungen schwarzen Räupchen halten sich gleichfalls auf der Oberseite der Blätter (Fig. 12) auf und gleichen den Rostpilzflecken. Mit Wachstum und Häutung kommen Umfärbungen. Der schwarze Fleck beschränkt sich auf den Rücken, behält also die Größe des Pilzflecks, die Seiten werden grün. Schließlich wird der dunkle Fleck durch eine purpurne Abschattierung oder ein Gemisch von Weiß und Grün gemildert und verwischt; die Raupe, die jetzt an Zweigen sitzt, ist vortrefflich geschützt. Wird sie gestört, dann zieht sie den Kopf in die zusammengeschobenen und erweiterten Brustringe zurück, es kommen auf grellrotem Grunde zwei schwarze Augenflecke zum Vorschein, so daß der Eindruck eines karikierten Wirbeltiergesichts entsteht. Gleichzeitig schießen aus den emporgekrümmten Gabelenden, d. h. dem umgewandelten letzten Hinterleibsbeinpaar, zwei rote Fäden hervor, die wie zwei Fühler über dem Haupte spielen und den Eindruck verstärken. Doppelte Augenflecke, weiß und schwarz, trägt die Raupe des mittleren Weinschwärmers (Sphinx elpenor) jederseits, durch Einziehen des verschmälerten Kopfendes entsteht eine ähnliche gesichtartige Figur, die manchen kleineren Vogel zurückschreckt.

Damit sind wir in die Erscheinungen der Mimicry eingetreten.

Viele Tiere ahmen in Gestalt, Färbung und Benehmen andern nach, die durch irgend welche Mittel, die den Nachahmern fehlen, geschützt sind, so daß sie deren Schutz mit genießen.

Die erwähnten giftigen Korallenottern (Elaps)

Südamerikas, die in verschiedenen Mustern abwechseln, aus Rot, Schwarz und Weiß geringelt (Fig. 13), haben eine ganze Reihe Nachahmer gefunden, so daß nicht weniger als



Figur 13. Zeichnungen neotropischer Schlangen.
Nach I. Arten von Elaps, Hydrops, Atractus, Ilysia, Erythrolampus.
Nach II. Arten von Atractus, Urotheca, Erythrolampus, Lystrophis.
Nach III. Arten von Elaps, Sinophis, Oxyrrhopus.
Von den neun Gattungen ist Elaps giftig, Erythrolampus und Lystrophis sind verdächtig oder bedingt giftig, die sechs übrigen harmlos.
(Schraffiert = rot.)

neun Gattungen dieser Zeichnung folgen. In Mexiko sind Elapiden bald schwarz, weiß und rot, bald schwarz, gelb und rot geringelt, ihnen folgen, um den Schutz ihres Giftes zu genießen, Arten von Geophis, Tropidodipsas, Coronella, Urotheca und Scolecophis. In Indien kommt ein anderes Muster vor, die Schlangen sind unten dunkel quergebändert, oben längsgestreift; die giftigen gehören zu Doliophis, Callophis, Hemibungarus, die giftlosen zu Calamaria, Polyodontophis, Ablabes. Dabei wird die Sache insofern besonders verwickelt, als die letzteren den giftigen Modellen zur Nahrung dienen; die mimetische Zeichnung muß also gegen andere Feinde schützen, als eben Schlangen. Unter den indischen Seeschlangen haben wir giftige aus den Gattungen Hydrophis und Distira und dazu die giftlosen Chersydrus granulatus und Hipistes hydrinus, sie sind gleicherweise gelb und blauschwarz geringelt, haben denselben Ruderschwanz und die gleiche Beschuppung und hausen zusammen in Flußmündungen und brackischen Küstengewässern.

Figur 14. A. Die rote Schaumzirpe, Cercopis sanguinolenta. B. Ein Widderchen oder Blutströpfchen, Zygaena. (Schraffiert = rot.)

In unserer Fauna werden die Blutströpfchen täuschend nachgeahmt von der roten Schaumzirpe

(Fig. 14), sie gleichen sich in Zeichnung und Färbung und leben gemeinsam namentlich auf den warmen Abhängen der Kalkberge.

Die Glasflügler unter den Schmetterlingen sind aculeaten Hautflüglern zum Verwechseln ähnlich, namentlich Sesia apiformis der Hornisse, Wollschweber den Hummeln, bei denen ihre Larven schmarotzen, Spinnen den Ameisen, mit denen sie leben. Tropische Tagfalter sind oft durch unangenehme Sekrete geschützt, besonders die Danaiden, die afrikanischen Acrala-Arten und die südamerikanischen Heliconiden. Ihre Nachahmer, aus anderen Papilionidengruppen, die der Ekelstoffe entbehren, mischen sich unter die Modelle und ahmen deren Gewohnheiten nach, den schlaffen Flug der Danaiden u. a. Es giebt Heuschrecken, welche den Coccinelliden gleichen. Unter den Schnecken ahmt die philippinische Xesta Cumingi den mit ihr zusammenlebenden Helicarion tigrinus nach, der durch Autotomie geschützt ist (s. Bd. II). Die Erscheinung ist durchaus nicht selten; hie und da kommen bloß Körperteile in Betracht, so gleicht die Raupe des Tannenpfeils im allgemeinen dem Kiefernzweig, an dem sie sitzt, ihr Vorderende aber täuscht eine Coccinelle vor. Die Raupe des Buchenspinners, Stauropus fagi, erhebt und bewegt bei Angriffen ihre langen Brustbeine nach Spinnenart, während ihr Hinterende in auffälliger Weise einer Baumwanze gleicht, die durch ihre Stinkdrüse geschützt ist; der Mondvogel, Phalera bucephala, gleicht abgebrochenen Zweigstückchen insofern, als die allgemeine Färbung der Rinde, der Brustrücken und die zusammengelegten Flügelspitzen aber dem Querschnitt des Holzes entsprechen.

Die Mimicry im strengen Sinne, wo ein Tier ein anderes geschütztes Tier als Modell benutzt, geht durch unmerkliche Uebergänge in die gewöhnliche Schutzfärbung über. Heuschrecken, die aufs genaueste einem Blatt oder einem dornigen oder moosbewachsenen Zweig gleichen, eine einheimische Eule, Moma Orion, ein madagassischer Käfer, Listhinus nigrocristatus, welche aufs täuschendste Flechten auf Steinen und Rinden ähnlich sehen, bilden eine Reihe bis zu Fröschen, deren gefleckte Kleid vollkommen mit dem Granitgrus übereinstimmt, auf dem sie sich aufhalten (Formen von Discoglossus pictus).

Wie beim Buchenspinner, kommen für die Wirksamkeit der Mimikry häufig besondere Haltung und Bewegung in Betracht. Die Spannerraupen gleichen den Dornen und Aestchen nur dadurch, daß sie steif unter demselben Winkel vom Zweig sich abspreizen, die Stabheuschrecken (Bacillus) würden trotz der Aehnlichkeit ihres Leibes und ihrer Beine mit Zweigen, Blattstielen und toten Halmen viel leichter bemerkt werden, wenn sie nicht ihre Extremitäten ganz unsymmetrisch hielten.

Das Meer hat eine ähnliche Fülle mimetischer Formen, wie das Land, wiewohl wir noch nicht allzuhäufig über den Wert der einzelnen Thatsachen urteilen können. So gleichen Ophiuren ganz den Gorgoniden, auf denen sie leben, aber wir können nur vermuten, daß der Schutz auf Fische Bezug hat.

Manche Tiere helfen sich durch Jagdmasken, unter den Krabben trägt Dromia einen Schwamm, Stenorhynchus allerlei festsitzendes Getier auf dem Rücken. Unter dem Schutz der seßhaften Kolonien verborgen, beschleicht die Krabbe ihre Beute.

Die Frage nach der **Entstehung** von **Färbung** und **Zeichnung** kann verschieden beantwortet werden. Entweder man nimmt eine beliebige allseitige Variabilität an, aus der die natürliche Auslese die geschützten Formen auswählt und erhält, oder man gesteht einen Einfluß der Umgebung auf die Tiere zu, der direkt zu der Aehnlichkeit führt, oder endlich es entstehen bestimmte Entwickelungsreihen in der Färbung, deren verschiedene Stufen als Arten fixiert werden (Genepistase); zur Erhaltung dieser Arten trägt zufällige schützende Aehnlichkeit bei. In der That ist die Verschiedenheit benachbarter Arten oft zu gering, als daß man bei gleicher Lebensweise in jeder Zeichnungsabweichung eine besondere Anpassung erblicken könnte, ganze Gruppen verwandter Species werden ungefähr durch dasselbe allgemeine Mittel geschützt, wiewohl uns in vielen Fällen das feinere Verständnis ermangeln mag. Für verschiedene Gruppen läßt sich eine parallele gesetzliche Umfärbung feststellen. Die Raubtiere sind anfangs längsgestreift (manche Zibethkatzen, teilweise Dachs und Stinktier), dann lösen sich die Längsstreifen in Fleckenreihen auf (Leoparden, junge Löwen ꝛc.), schließlich entsteht Querstreifung (Königstiger) oder Einfarbigkeit. Aehnlich bei den Huftieren (längsgestreifte Hirschkälber, junge Tapire, und Frischlinge). Unsere Wassermolche zeigen im Ei Längsstreifung, die nachher zumeist in Fleckung übergeht, und zwar schreitet die Umfärbung in postero-anteriorer und supero-inferiorer Richtung vor, von oben nach unten und von hinten nach vorn, beim Triton taeniatus bleibt entsprechend der Kopf zeitlebens gestreift. Ein ähnliches Gesetz herrscht bei den Nacktschneckengattungen Limax und Arion,

wo sich nachweisen läßt, daß das dunkle Pigment sich zunächst in der Richtung der venösen Längsblutgefäße anhäuft [1]. Die bunten Gehäuse der marinen Vorderkiemer folgen derselben Regel, Längsstreifung wird von Fleckenauflösung, Zickzackzeichnung und Querbinden abgelöst, meist ohne daß die Natur davon schützenden Gebrauch gemacht hätte. Ebenso ist es bei Riesenschlangen, ebenso in den Flügeln der Tagschmetterlinge, namentlich der Papilioniden. Aus Zusammenrücken und Verschmelzen der verschiedenen Längsbinden gehen im höchsten Falle die schönen Augenflecke der Pfauenaugen hervor; daß sie bei Tagfaltern, Schwärmern und Spinnern unabhängig wiederkehren, bezeugt das in jeder Unterordnung gleichmäßig wirkende Gesetz. Und wenn die Aehnlichkeit der Unterseite von Callima mit einem trockenen Blatt als eine der überraschendsten Schutzmasken gelten kann, so scheint es doch, daß dieselbe Zeichnung erreicht worden wäre, auch ohne daß es trockene Blätter gäbe; die Aehnlichkeit hat nur konservierend gewirkt. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Längsstreifung einen gemeinsamen äußeren Grund hat in dem Vorwiegen der monocotylen, streifenblättrigen Flora in der zweiten Hälfte der mesozoischen Periode.

Unaufgeklärt bleiben vorläufig gewisse Fälle von **homogener Färbung bestimmter Tiergruppen über ganze Gebiete** weg. Unter den neotropischen Schmetterlingen ist ein aus schwarzer Grundfarbe und grobem Braun gemengtes Kleid stark vorwiegend, und zwar kommt es nicht nur der Charaktergruppe der Heliconiden und

[1] Als gutes Beispiel für die Abhängigkeit der Zeichnung vom Blutlauf können das zierliche Diadem der Kreuzspinne und die Blätter auf dem Hinterleib vieler Verwandten gelten, sie schließen sich aufs engste dem Verlauf des Rückengefäßes oder Herzens an.

anderen Tagfaltern zu, sondern auch Nachtschmetterlingen aus verschiedenen Gruppen; unter den Rhopaloceren von Afrika und Indien herrschen auf schwarzem Grunde weiße und blaue Flecke vor. Wenn die Limaxarten Armeniens braun sind gegenüber den schwarzen des großen Kaukasus und das Gesetz sich bei anderen Gattungen wiederholt, so liegt wohl in der Differenz der Breitengrade zusammen mit Trocknis und Pflanzenarmut auf dem armenischen Hochland der Grund.

Der Weg, auf dem alle die Trachten sich herausgebildet haben, liegt nur teilweise klar. Das meiste haben wohl die Augen der Verfolger geleistet. Doch kommt für die Ausnützung der Schutzfärbung das eigne Auge in Betracht, insofern als das Tier sich zur Ruhe die entsprechende Unterlage aussucht. Schwer zu beurteilen bleibt die Auswahl der Geschlechter auf Grund des Gesichts, z. B. bei den verschiedenen einander so ähnlichen Weißlingsarten, die durcheinander fliegen.

Die **Entwickelung des Auges** hängt teils von der Höhe der Organisation, teils von der Lebensweise des Tieres ab. Der Anfang bleibt die Unterscheidung von Hell und Dunkel, deren vielfach die ganze Haut fähig ist (dermatoptische Funktion s. o.). Die Concentrierung dieser Fähigkeit auf einzelne Körperstellen schafft die Möglichkeit, die Richtung von Licht und Schatten besser zu beurteilen. Sie wird gesteigert, wenn dunkles Pigment um die Nervenenden hinzutritt und Seitenlicht abhält, noch mehr wenn eine in den Pigmentbecher eingebettete Linse die einseitig einfallenden Strahlen auf die Nervenenden, die in Endkegeln und -Stäbchen ihr letztes Fibrillennetz haben,

sammelt. Das ist die Reihe der Sehorgane bei niederen Tieren: Quallen, (Randkörperchen), Strudelwürmer, Trematodenlarven, Egel, Schnecken (anfangs offne Augenbecher, dann ein Glaskörper, schließlich auch eine Linse darin, endlich vor dieser das Epithel zur Cornea geschlossen), Muscheln am Mantelrand (in ähnlicher Reihe), in den Rückenschalen mancher Käferschnecken (bisweilen viele Tausend solcher Augen, die mit dem Wachstum der Schalen an Zahl zunehmen), auf den Rückenwarzen vieler nackten Oncidien in der Gezeitenzone der Tropen, an den Enden vieler Seesternarme, bei einigen regulären Seeigeln in schönen Reihen rings um die Schale, so daß auf der Seite des Lichtreizes die Stacheln gegen den Angreifer zusammengeneigt werden, wie ein Lanzenwald, endlich die einfachen Augen, Ocellen oder Stemmata der Arthropoden, der niederen Krebse, der Spinnen, der Tausendfüße (bloß bei Scutigera in größerer Häufung und besserer Ausbildung), der Insektenlarven und vieler Imagines (drei Stirn- oder Scheitelaugen). Der Typus wechselt im einzelnen stark, je nach den Mitteln, die jeder Tierform in ihrem Epithel zur Verfügung stehen; eine besonders hohe Stufe innerhalb dieser Gruppe stellen die relativ großen Augen pelagischer Borstenwürmer, der Alciopiden, dar. — Bei durchsichtigen oder transparenten Tieren können die Augen mit dem Centralnervensystem ins Innere verlegt sein, so in der Hirnblase mancher Manteltiere oder weithin verstreut im Rückenmark des Amphioxus. — Als erster Anfang dieser ganzen Kategorie kann bereits bei Einzelligen eine Stelle im Protoplasma gelten, die bei vielen Geißelinfusorien

in der unmittelbaren Nähe eines roten Punktes am Vorderende gelegen ist.

Der letzte vermutliche Schritt führt zur Wahrnehmung wirklicher Bilder, also zur scharfen Wiedergabe der äußeren Objekte. Anfänge dazu mögen bereits in der vorigen Gruppe vorhanden sein, etwa bei Alciopiden und Spinnen. Die Vollendung wird auf doppeltem Wege erreicht, entweder durch Vergrößerung des offnen Augenbechers, dessen vordere Ränder bis auf ein enges Loch, durch das Seewasser eintritt, zusammenrücken (das wunderlich vereinzelte Camera obscura-Auge des Nautilus), — oder durch Einschaltung eines Abstandes zwischen Linse und der Endausbreitung des Nerven oder der Netzhaut; bei Tintenfischen und Vertebraten lagert sich der Glaskörper ein, in den zusammengesetzten Augen der Gliedertiere (zehnfüßige Krebse und Insektenimagines). An die ersten schließen sich als einfachere Stufe an die Heteropoden mit zwei großen Kopfaugen und die Pilgermuscheln mit ihren Mantelrandaugen.

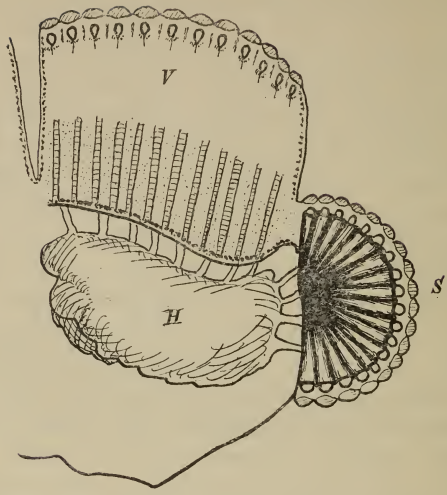
Eine verschärfte Wahrnehmung zu stereoskopischem Sehen wird bei den höheren Wirbeltieren erreicht durch Muskeln, welche die Augäpfel bewegen und nach dem Objekt konvergieren lassen. Manche von ihnen bewegen die Augen allerdings völlig unabhängig voneinander, wie das Chamäleon.

Besondere Vervollkommnung liegt in den Einrichtungen zur Regulierung der einfallenden Lichtmenge und zur Einstellung auf verschiedene Entfernung oder Accommodation. Die erstere wird erreicht durch eine kontraktile Iris, welche ihr mittleres Loch, die Pupille, erweitert oder verengert (Cephalopoden, Vertebraten), sowie

durch intracellulare Bewegung des Pigments um die Nervenenden, die letztere entweder durch wechselnde Linsenkrümmung oder Veränderung des Abstandes zwischen Linse und Netzhaut. Die Accommodation ist gegensätzlich verschieden im Wasser und auf dem Lande. Im Wasser, das alle Bewegungen hemmt, ist das Auge in der Ruhelage für die Nähe eingestellt und accommodiert für die Ferne (Fische, Tintenfische), auf dem Lande ist die normale Einstellung für die Ferne, und die Accommodation richtet sich auf die nähere Umgebung; das Höchste in der Augenentwickelung leisten hier die schnellbeweglichen Vögel, unter den Säugern die Primaten, die vermöge des aufrechten Ganges die Hände frei bekommen haben, mit denen sie Fremdkörper zur näheren Betrachtung an das Auge bringen. Eine Anzahl Hilfsapparate werden vorwiegend auf dem Lande nötig, Nickhaut und Lider zum Schutz (Lider auch bei Cephalopoden), die Thränendrüse zur Feucht- und Klarhaltung der Cornea, der Thränenkanal zum Ableiten der Thränen in die Nase, die Augenbrauen zum Abhalten des Schweißes. Bei Schlangen verwachsen bekanntlich die Lider zu einer durchsichtigen Haut als Weiterbildung der Einrichtung vieler Eidechsen, bei denen das eine Lid einen durchscheinenden Fleck erhält, um auch bei geschlossenen Augen noch Licht durchzulassen.

Ein eigentümlicher, phylogenetisch und morphologisch noch unverstandener Rest ist das Scheitel- oder Parietalauge vieler niederen Wirbeltiere. Es scheint sich bloß bei einem Tiefseefisch, einem Scopeliden, funktionsfähig erhalten zu haben [1].

[1] Das Parietalauge, meist nur noch als Zirbel oder Epiphyse,



Figur 15. Rechte Kopfhälfte der männlichen Ephemeride Chloë im Querschnitt. H Hirn, V vorderer, S seitlicher Augenabschnitt.

Das zusammengesetzte Auge der Insekten, welches für genaueres Sehen wahrscheinlich selten über 1 m weit reicht, dient in erster Linie der Wahrnehmung lebhafter Bewegungen, entsprechend der präcisen Bewegungsmaschine, welche der Arthropodenkörper schlechthin darstellt.

---

ein Rest, der gar nichts Augenähnliches mehr hat, steht nicht vereinzelt, sondern es gesellen sich ihm zwei andere rätselhafte Anhänge des Wirbeltierhirns hinzu, oben neben der Epiphyse die Paraphyse, unten die Hypophyse, wahrscheinlich auch Reste alter und früher wichtiger Sinneswerkzeuge; die Paraphyse legt sich in der Entwickelung der Geckonen als ein langer Schlauch mit dem Blindende von vorn subkutan über die Epiphyse, was die Bedeutung nur noch um so mehr verdunkelt. Die Hypophyse leitet sich z. T. vom Hirn, z. T. vom Rachen her, so daß man wohl an ein Sinneswerkzeug zu denken hat, das mit einer Drüse verbunden war.

Die größte Ausdehnung erreicht dieses Auge bei Libellen, die ihre Beute im Fluge fangen. Eine besondere Steigerung erreicht diese Leistung durch Verlängerung und größeren Abstand zwischen den Cornealinsen und dem Augengrunde, und zwar wird bei einigen Eintagsfliegen (Chloë) die eine Hälfte des männlichen Auges verlängert, da die Männchen sich im Fluge der über ihnen fliegenden Weibchen bemächtigen, bei einigen Tiefseekrebsen, Mysiden und Euphausiden, die nicht unmittelbar am Boden leben, scheint der Zweck der gleichen Einrichtung auf die Erlangung von bewegter Beute gerichtet. Neuerdings ist Aehnliches auch an dem großen Cladocerenauge beobachtet. Von vielen Dipteren sind die Männchen mit weit größeren Augen ausgestattet als die Weibchen, so daß bei ihnen die Augen in der Medianlinie zusammenstoßen wie bei vielen Libellen.

Wie hier, tritt der Zusammenhang zwischen Auge und Beweglichkeit des Tieres fast überall klar hervor; je schneller das Tier, um so besser und größer sein Auge, je langsamer, desto schlechter. Unsere gemeinen Schnecken vermögen die Gegenwart eines Fremdkörpers höchstens auf 1 cm zu erkennen. Die festsitzenden Tiere sind durchweg blind. Am eigenartigsten stellt sich die pelagische Fauna, die entweder mit relativ großen Augen ausgestattet oder blind ist, unter den pelagischen Schnecken haben die Heteropoden sehr große Augen, die ähnlich lebenden Pteropoden gar keine, Janthina, an ihrem Floß treibend, kann als sessil gelten und hat die Augen verkümmert; unter den pelagischen Würmern haben die Alciopiden große Augen, die Typhloscoleciden sind blind.

Während die Muscheln ihre hie und da vorhandenen

larvalen Kopfaugen wie die Käferschnecken mit der späteren Seßhaftigkeit einbüßen und nur selten noch Becheraugen retten, haben die durch Auf- und Zuklappen der Schale schwimmenden und springenden Pilgermuscheln am Mantelrande Reihen trefflicher Augen entwickelt, die mit dem Alter an Zahl zunehmen (s. o.).

Der Verlust der Augen tritt ferner ein bei Schlammbewohnern und Gräbern, bei den Scaphopoden und Muscheln, bei vielen Myriopoden und Milben, bei Maulwurf und Blindmoll. Hier schließen sich an die in Pflanzen lebenden Larven, die man unter dem Konvergenznamen der Maden zusammenfassen kann, und die Binnenschmarotzer.

Eine besondere Kategorie bilden die Dämmerungstiere. Es gibt wohl kein Tier, das oberirdisch nur in absoluter Nacht thätig und somit blind wäre. Dämmerungstiere haben entweder besonders große Augen wie die Eulen, oder sie lagern in ihr Auge ein glänzendes Pigment ein, ein Tapetum, das als Hohlspiegel das spärliche Licht in einen Hohlkegel sammelt und damit fixierte Objekte beleuchtet (Katzen; Wiederkäuer; Schwärmer?).

Blind werden dagegen die Tiere in der ewigen Nacht, die in unterirdischen Höhlen oder in den tieferen Schichten der Binnengewässer herrscht (der Olm, Asellus cavaticus, Gammarus puteanus, Käfer ꝛc.). Der höhlenbewohnende nordamerikanische Molch, Typhlotriton spelaeus hat in der Jugend normale Augen wie ein Amblystoma, später fehlen Stäbchen und Zapfen und die äußere Körnerschichte der Retina. Viele blinde Höhlentiere sind jedenfalls nicht erst nach der Einwanderung in die Höhlen erblindet, sondern gehören zu Formen, die

auch außerhalb ein verstecktes Dasein führen und blind sind wie Milben und Tausendfüßer. In der Dämmerung der Grotteneingänge könnten wieder vergrößerte Augen von Vorteil sein; aus Amerika wird eine Sciara-ähnliche Dipterenlarve mit riesigen Ocellen gemeldet. In der Tiefe des Ozeans sind die Tiere entweder gleichfalls blind (viele Fische, Krebse und Schnecken), oder aber sie erhalten besonders große Augen wegen des Dämmerlichtes, das durch viele abyssikole Geschöpfe ausgestrahlt wird.

Leuchtende Tiere gibt es sowohl auf dem Lande wie im Meere, nicht dagegen im Süßwasser (vielleicht mit einziger Ausnahme einer neuseeländischen Schnecke, Latia, deren Mantelrand leuchten soll). Das Meer hat phosphorescierende Geschöpfe in allen Tiefen. Ursache der Phosphorescenz sind vielfach Photobakterien, die in tierischen Abscheidungen und Leichen gedeihen; sie gehören nicht hierher. Auf dem Lande kommen namentlich drei Gruppen in Betracht, Scolopendriden, Regenwürmer und Käfer, Lampyriden und Elateriden oder Cucujos. Die leuchtenden Tausendfüßer sondern ein phosphorescierendes Sekret ab, so daß die hinterlassene Spur noch nachleuchtet. Bei den Käfern handelt sich's um innere Leuchtorgane, in denen wahrscheinlich Fette, von zahlreichen feinen Tracheen durchsponnen, rasch oxydiert werden; sie sitzen bei den Lampyriden an den Seiten des Hinterleibes, bei den Cucujos auch auf dem Thorax. Von den Lampyriden leuchten sowohl die geflügelten Männchen, wie die ungeflügelten Weibchen, wie Larven und selbst Eier. Bei den erwachsenen steht das Licht unter dem Einfluß des Nervensystems und des Geschlechtslebens, das Weibchen von Lucida blitzt, um ein vorbeifliegendes Männchen anzulocken,

ein paarmal auf, und wenn sich das Männchen neben ihm niedergelassen hat, wiederholt sich bei beiden die gleiche Erscheinung, ein feuriges Liebenspiel. Daß auch bei den tropischen Cucujos (Pyrophorus) das Licht dem Nervenreiz unterworfen ist, ergiebt sich aus dem prächtigen Schauspiel, wenn ganze Massen der Käfer in den Bäumen in regelmäßigem Rhythmus aufleuchten und wieder nachlassen. Spektroskopisch setzt das Licht der Lampyriden nicht mit Rot ein, sondern mit Grün, die linke Hälfte des Spektrums fehlt (es enthält auch Röntgenstrahlen). Von anderen Käfern sind es einige Telephoriden, die sicher leuchten. Was von weiteren Insekten, einem Laufkäfer, einigen Eulenraupen und Fliegenmaden, einer Lipure berichtet wird, bleibt vereinzelt und beruht möglicherweise auf zufälliger Verquickung mit Photobakterien; über die Leuchtzirpen oder Laternenträger gehen die Ansichten ganz auseinander, sie haben vermutlich kein Eigenlicht. Leuchtende Regenwürmer sind öfters beobachtet, teils über den ganzen Körper, teils am Gürtel oder Clitellum, vielleicht im Zusammenhange mit der Fortpflanzung, da das Licht nach der Paarung erlöschen soll. Die Gattung Photodrilus verdankt der Phosphorescenz den Namen.

Bei Seetieren ist die Fähigkeit sehr allgemein verbreitet und zwar, wie erwähnt, in allen Regionen. Unter den Protisten sind es die Noktiluken und Pyrocysten, die der Fähigkeit ihren Namen verdanken. Doch ist ihre animalische Natur nicht einwandfrei. Unter den Cölenteraten entbehren nur die Schwämme der Leuchtkraft. Von den Anthozoen sind die Stöcke der Pennatuliden am bekanntesten dadurch, daß auf Reiz ein Polyp nach dem anderen sich zu entzünden scheint. Funicula

quadrangularis aus der Tiefe der europäischen Meere strahlt ein Licht aus, bei dem man in einer Entfernung von 6 m kleinsten Druck ohne Schwierigkeit lesen kann; es springt oft von einer Spektralfarbe zur anderen über, doch bildet Grün den Grundton. Von den Quallen haben sowohl die Medusen, wie die Siphonophoren und Ktenophoren leuchtende Arten; Pelagia noctiluca z. B. leuchtet jedesmal auf, sowie sie von dem Kielwasser des Schiffes getroffen wird. Die Echinodermen haben wenig phosphorescierende Vertreter, dafür aber einen ausgezeichneten, die Tiefsee-Brisinga, einen Seestern mit schlanken Armen, der nach dem Kleinod der Freya eben wegen seines strahlenden Glanzes den Namen hat, dazu ein Paar Schlangensterne. Gelegentlich werden von den Würmern Sagitten leuchtend befunden, regelrecht dagegen sowohl manche freilebende wie tubikole Anneliden (Chaetopterus, Polynoë u. a.), auch freischwimmende Larven. Von den Weichtieren leuchtet namentlich die Bohrmuschel, Pholas dactylus, ein kleiner pelagischer Hinterkiemer, Phyllirrhoë bucephala, und einige Cephalopoden, Cranchia und Histioteuthis. Bei Phyllirrhoë sind kleine Leuchtflecken über die ganze Haut zerstreut; bei Pholas sind verschiedene Stellen der Sitz der Phosphorescenz, ein Bogen am vorderen Mantelrande, zwei dreieckige Flecken am Anfange des Atemsiphos und zwei an demselben Sipho sich hinziehende parallele Streifen. Dadurch, daß ein leuchtender Schleim abgeschieden wird, scheint die ganze Oberfläche zu leuchten. Aus dem Schleim lassen sich zwei verschiedene Stoffe isoliren, die man Luciferin und Luciferase genannt hat. Jeder für sich leuchtet nicht, aber sobald sie zusammentreffen, entsteht das helle Licht.

Nach anderer Ansicht handelt es sich jedoch nicht um besondere Fermente, sondern um zerfallende Aldehyd- oder Fettmoleküle. Besonders kompliziert sind die Leuchtorgane

Figur 16.

Figur 17.

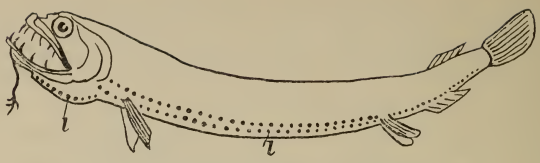
Figur 16. Pholas. Die dunklen Flecke sind die Leuchtorgane. Nach unten der Sipho.

Figur 17. Leuchtorgan eines Cephalopoden, Histioteuthis. cr Chromotophoren, l Linse, n Nerv, ph photogene Substanz, r Reflektor, r1 äußerer Reflektor.

von Histioteuthis, die über die Haut verstreut sind. Sie haben etwa die Gestalt eines Auges; der Hintergrund wird von einem Tapetum eingenommen, welches als

Reflektor die Lichtstrahlen zurückwirft. Unmittelbar davor folgt die leuchtende oder photogene Substanz unter der Form eines Bechers. Er ist mit einem Glaskörper ausgefüllt, dem vorn eine Sammellinse aufliegt, endlich folgt die vordere Epithelbekleidung. Sie stehen nicht senkrecht zur Haut, sondern annähernd tangential. Die Haut davor ist zu einem blendenden Hohlspiegel eingesunken, der die Strahlen in hellen Büscheln reflektiert. — Besonders reich an leuchtenden Arten sind die Tunikaten. Bei den Appendikularien kann die Achse des Schwanzes in Intervallen rot, grün oder blau phosphoreszieren. Von den Seetönnchen haben manche Salpen einen leuchtenden Nukleus oder Eingeweidesack, Doliolumarten leuchten über die ganze Haut. Am berühmtesten aber sind die Pyrosomen oder Feuerzapfen, jene Kolonien, welche um einen gemeinsamen länglichen Hohlraum gruppiert sind. Jedes Individuum hat zwei Leuchtflecken. Der ganze Stock erscheint wie glühendes Eisen, auch kann sich Reiz und Licht von einem Individuum auf das andere fortpflanzen.

Augenähnlich wie bei Histioteuthis, im frischen Zustande rot, sind auch die Leuchtorgane der Schizopoden, von denen viele Euphausiden eine Anzahl tragen in symmetrischer Verteilung, am Hüftgelenk des ersten Thorakalbeines, an der Basis des vorletzten Kiemenpaares, in der Mittellinie der ersten vier Abdominalsegmente und an der Außenseite der Facettenaugen. Die letzteren haben einen paraboloischen, becherartigen Reflektor, die ersteren eine ziemlich kuglige Linse. Die dunklen Augen selbst sind von einem strahlenden Glanz umgeben. Aehnlich Lucifer und manche niederen Krustentiere!



Figur 18. Stomias, mit Leuchtorganen l.

Endlich sind Leuchtorgane am reichlichsten, glänzendsten und kompliziertesten bei vielen Tiefseefischen entwickelt, aus den verschiedensten Familien; Photichthys, Photonektes deuten es durch den Namen an. Sie wechseln in der morphologischen Ausbildung von drüsigen Höckern und Fleckchen bis zu stark augenartigen Gebilden, die man lange für accessorische Sehorgane hielt. In der Stellung ist ihnen kaum ein Körperteil verschlossen; einzeln oder in Reihen stehen sie an der Bauchseite, am Kopf über und unter den Augen, auf dem Kiemendeckel, an den Floßen oder als Laternen auf verlängerten Barteln. Ja es sind Fälle bekannt, wo das Organ willkürlich durch eine Hautfalte geschlossen und wieder aufgeklappt werden kann, wie eine Blendlaterne.

Die Bedeutung aller dieser Organe wird eine verschiedene sein können, bei sehenden Tieren, die Umgebung zu beleuchten, um Beute zu machen, als Anlockungsmittel im gleichen Sinne, bei Gefahr abzustellen und vielleicht als Schreckmittel gegen Verfolger. Radiolarien erhalten einen besonderen Schutz dadurch, daß die Leuchtsubstanz erst beim Ausstoßen in Berührung mit dem Wasser leuchtet und daher, fortgeschleudert, Verfolger irreführt. Ob die Leuchtorgane etwa zum Geschlechtsleben als Signalapparat in Beziehung stehen, wie auf dem Lande, ist unbekannt.

Spektralfarben. Dem Vorwiegen des farbigen und speziell des grünen Lichtes in der Tiefsee entspricht es, wenn die Tiere daselbst nicht selten Grün oder noch häufiger grelles Rot zeigen, letzteres als Komplementär- oder Schattenfarbe, wiewohl auch andere Farben, wie Violett, nicht ausgeschlossen sind. Auf dem Lande scheinen die reinen und grellen Spektralfarben vielfach erst ziemlich spät aufgekommen zu sein in Parallele mit der höheren Pflanzenwelt, welche namentlich Insekten und Vögel in den Dienst der Bestäubung und der Samenverbreitung stellte. Erst die Phanerogamen haben bunte Blumen und Früchte gezeitigt, und ihnen haben sich entsprechend bunte Tiere angepaßt. Dabei folgt die Entwickelung der Farbstoffe dem Spektrum, so daß die rechte Seite, Blau und Violett, fast niemals als Pigment vorhanden ist, sondern nur erst durch Oberflächenskulptur als Interferenzfarbe erzeugt wird (Vogelfedern, Schmetterlingsschuppen, Käfer). Umgekehrt ist Rot und Gelb oft als echtes Pigment vorhanden (Erythrin u. a.).

Anders scheint es im Meere zu sein, in dessen Litoralfauna vielfach grellere Töne herrschen. Im Meere kommt oft auch Blau und Violett als Pigment vor, am meisten da, wo die Tiere sich am gleichmäßigsten dem Licht aussetzen, bei denen, die an der Oberfläche der stark besonnten wärmeren Meere gleichmäßig treiben und damit das Maximum der Belichtung in sich aufnehmen (kleine Salpen, Kleinkrebse, Schalen von Prosobranchien, die eine lange pelagische Jugendwanderung durchmachen). Daß hier die Wärme direkt mit zur Geltung kommt, beweisen die röhrenförmigen Schalen

der Dentalien, die im Schlamm stecken; diejenigen der kälteren Meere und der Tiefsee sind weiß, die des Mittelmeers und entsprechender Breiten sind gelbrot, lachsfarben, die der heißen Meere (Philippinen, Indien, Westindien) sind grün, die des heißesten Meeresteiles (Sulu-See) fügen endlich blaue Ringe dazu, parallel dem Spektrum.

Es scheint aber, daß, abgesehen von der zum Teil späten Erwerbung der einfachen Spektralfarben, die Anpassung des Plasmamoleküls in direkter fortschreitender Reihe dem Spektrum gefolgt sei. Dafür spricht der besonders starke Eindruck, den die längsten Lichtwellen machen als Schreck- oder Warnfarben (s. o.), die Thatsache, daß alle Lichtwahrnehmungen des Auges vom Sehpurpur ausgehen, die Rotfärbung vieler altertümlichen und verborgen lebenden Tiere, und das Rot als Zwischenfarbe bei Tieren, deren Färbung im Dunkeln zurückgeht. Im einzelnen so:

Verbreitung des Rot bei altertümlichen Tieren oder an solchen Stellen, wo es nicht gesehen wird: Unter den versteckt in Pflanzen und Höhlen lebenden Tieren, die im allgemeinen blaß sind, finden sich viele rote: Maden, Cossusraupe, Tubifex im Schlamm ꝛc. Insekten haben oft rote Körperstellen, die nie zur Wahrnehmung gelangen, die schlammfarbige Wasserwanzen Ranatra und Nepa auf dem Rücken unter den Flügeldecken, manche Wanzen unmittelbar nach dem Auskriechen aus der Puppe, bei den Haarmücken Bibio sind die Männchen vorwiegend schwarz, die Weibchen vorwiegend rot, wobei das Gesetz der männlichen Präponderanz zu berücksichtigen ist, die Weibchen also die ursprünglichere Stufe bilden; manche Myriopoden haben, so verborgen

sie leben, rote Zeichnung (Blanjulus guttulatus), die altertümlichen Krebse haben durchweg als Grundlage ein rotes Pigment, so zwar daß sie entweder noch direkt rot sind oder doch, sobald der Farbstoff chemisch auf seinen Kern zurückgeführt wird, durch Wärme, Alkohol ꝛc. rot werden, die durchsichtige Cladocere Sida cristallina ist gelegentlich noch rot gefleckt. Das grüne wandelnde Blatt, Phyllium, kriecht rot aus dem Ei und geht nach einigen Tagen durch Gelb in Grün über. Dazu das Rot an den Flossen vieler Fische, am Bauche vieler Amphibien, das allerdings auch als Schreckfarbe benutzt werden kann, wenn sich die Unke bei Verfolgung auf den Rücken wirft. Im Meere werden viele Tiere, die oberflächlich hyaline Arten haben, mit zunehmender Tiefe und Dunkelheit rot (z. B. Appendikularien). Daß hier nicht bloß die grüne Phosphoreszenz leuchtender Tiere wirksam ist, beweisen u. a. Strudelwürmer und Krebse (Asseln, Gammariden), die in den Höhlen und in der Tiefe der Binnengewässer zunächst rot werden und rote Augen bekommen, als Uebergang zur Farblosigkeit.

Der Sehpurpur ist ursprünglich rot, wenn sich auch nachträglich, bei Fischen u. a., gelbe Varietäten herausgebildet haben. Wirbeltiere, die in vollem Licht leben, haben oft in den Zäpfchen ihrer Netzhaut farbige Oeltröpfchen, unter denen rote und gelbe vorwiegen, um von dem weißen Licht möglichst viele langwellige Strahlen zu erhaschen. Die Zäpfchen kommen dabei allein in Frage, weil wahrscheinlich bloß sie für Farbenwahrnehmung da sind, während die Stäbchen im wesentlichen den Intensitätsunterschied zwischen Hell und Dunkel wahrnehmen, daher sie bei Dämmerungstieren vorwiegen, dagegen in der Macula lutea

der Tagtiere fehlen u. dergl. Was die Farbenwahrnehmung der Tiere anlangt, so scheint die Vermutung, als ob Ameisen für ultraviolette Strahlen empfindlich wären, auf Täuschung zu beruhen. Die Tiere nehmen das Spektrum wohl in demselben Umfange wahr wie wir.

Farbenwechsel. Viele Tiere haben bekanntlich die Fähigkeit, ihre Farbe zu verändern, teils so, daß das Grundkolorit je nach der Umgebung individuell verschieden ist, daher man bei manchen Fischarten z. B. jedem Stück seine Herkunft ansehen kann nach der Beschaffenheit des Grundes, — teils in schnellerem Wechsel. Dieser Wechsel beruht auf verschiedenfarbigen Farbzellen in der Haut, von denen die eine oder andere Kategorie ihr Pigment ausstrahlen läßt oder auf einen Punkt zusammenzieht. Die biologische Bedeutung ist verschieden, in den meisten Fällen Schutz; Laubfrosch und Chamäleon werden auf hellem Laub grün, Tintenfische auf Sandgrund sandfarben, Flundern und Schollen je nach dem Boden fein oder grob gesprenkelt. Am auffallendsten ist die Thatsache, daß manche Raupen, z. B. die vom Tagpfauenauge, bei der Verpuppung wechseln, so daß sie zwischen Laub grün, auf dunklem Stamm dunkel sind. Sehr häufig steht die Erscheinung im Dienste des Geschlechtslebens, z. B. bei Fischen (s. o.). In wieder anderen Fällen hängt sie mit nervöser Erregung im allgemeinen zusammen, besonders stark bei manchen tropischen Echsen, deren verschiedene Körperabschnitte in den grellsten Farben voneinander abstechen und plötzlich in die Gegenfarben umspringen können, oder bei den Tintenfischen, die auf Reiz verschiedene, namentlich rote Farbwolken über den Körper ziehen lassen. Unter Umständen

wirkt das Licht schlechthin verändernd, so daß junge Kaulquappen im Dunkeln heller werden (während Dunkeltiere, wie der Olm, im Licht sich allmählich färben, allerdings erst durch Pigmenterzeugung)[1].

Es ist klar, daß in vielen Fällen, namentlich bei Farbenanpassung an wechselnde Umgebung, diese chromatische Funktion, wie man's genannt hat, durch das Auge und das Nervensystem vermittelt wird; blinde Flundern ändern sich nicht mehr nach dem Grunde. Andererseits sollen blinde Laubfrösche noch den Farbenwechsel mitmachen, und man müßte somit die chromatische Funktion der allgemeinen dermatoptischen Funktion unterordnen, so gut wie bei den erwähnten Puppen. Ein klares Beispiel dieser Art liefert Echinomenia, ein augenloses wurmartiges Amphineur, das auf der Edelkoralle lebt. Sie hat in der Haut rote Farbzellen und ist bedeckt mit schuppenartigen, aufrichtbaren, weißen Kalkstacheln. Sie werden aufgerichtet, wenn das Tier sich auf dem roten Stamm der Koralle aufhält, so daß die rote Haut zum Vorschein kommt, sie werden niedergelegt an den Enden der Zweige, die dicht mit weißen Polypen besetzt sind, zwischen denen die nunmehr weiße Schnecke verschwindet. Wodurch wird die Stachelbewegung ausgelöst, durch Licht-

[1] Eins der besten Beispiele bietet nach neuesten Untersuchungen ein Krebs, Hippolyte varians Er wird gegen Abend rot, wie das Abendrot, dann grün, von der Mitte des Körpers aus, nachts azurblau mit durchsichtigen Geweben. Morgens umgekehrt. Der Wechsel vollzieht sich auch noch mehrere Tage lang im Dunkeln. Dazu kommt eine starke Reaktion auf wechselnde Lichtintensität. Fast schwarze Tiere werden in heller Porzellanschüssel binnen wenigen Minuten farblos, bei abgeschwächtem Licht rot, bei grellerem blau und gelb (grün). Endlich macht sich sympathische Färbung geltend, braun auf braunen Tangen z. B. Auch geblendete Tiere verhalten sich so.

wahrnehmung vermittelst der roten Chromatophoren oder durch irgend einem Berührungsreiz? Ein noch dunkles Kapitel.

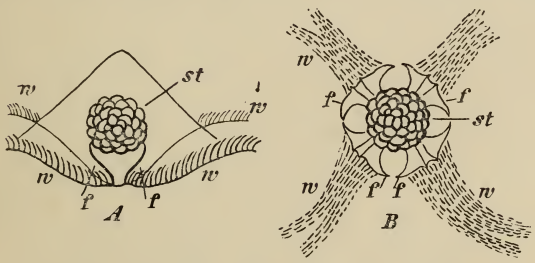
IV. Der Schall. Statocyste. Ohr. Stimme.

Für die Wahrnehmung der *gröberen Wellen*, etwa von 10—50000 in der Sekunde, ist das Ohr da. Es hat sich aber gezeigt, daß bei weitem nicht alle Organe, die man als *Ohrkapseln* oder *Otocysten* anzusehen gewohnt war, diese Funktion haben, sondern nur eine beschränkte Anzahl. In vielen Fällen ist ein entsprechendes Organ gar nicht vorhanden. Die groben Erschütterungen stehen bei weitem nicht in so ursprünglichem Konnex mit dem Protoplasma als die unendlich feineren Lichtwellen; und *die Funktion des Gehörs ist durchaus keine primäre*.

Vielmehr hat eine von einem Nerven versorgte *Kapsel* oder Blase, die im Innern einen oder viele in einer Flüssigkeit schwimmende *Hörsteine* trägt, die Aufgabe, die *Gleichgewichtslage* des Körpers zu vermitteln, sie ist eine *Statocyste*, ihre Funktion eine *äquilibrische*. Wenn der *Otolith* oder *Statolith* normalerweise auf gewisse von den auskleidenden Zellen ausgehende starre oder bewegliche feinste Wimperhaare (*Hörhaare*) drückt, so muß der Druck bei schiefer oder verkehrter Körperlage andere Haare treffen, die den ungewohnten Reiz auf das Nervensystem übertragen und somit die Herstellung des körperlichen Gleichgewichts vermitteln. Die Beweise für diese Wirkung sind mannigfach und ergeben sich aus einer übersichtlichen Betrachtung.

Die Statocysten fehlen allen festsitzenden Tieren, während sie den freibeweglichen aus derselben Gruppe zukommen. Das wird besonders deutlich bei den Cölenteraten, wo die schwimmenden Quallen mit solchen Randkörperchen, wie die rings am Rande in gleichen Abständen verteilten Organe heißen, ausgestattet sind, dagegen die Schwämme, Polypen und Korallen ihrer entbehren. Unter den Weichtieren fehlen sie, ebenso klar, den Austern, den festgewachsenen Wurmschnecken oder Vermetiden, der am Floß sessilen Janthina, den wenig beweglichen Chitoniden.[1]

Sehr deutlich ist der Zusammenhang bei den Ktenophoren oder Rippenquallen. Am oberen oder Sinnes-



Figur 19. Sinneskörper (Statocyste) einer Rippenqualle.
A von der Seite, B von oben.
f Federn, auf denen der Statolith st ruht. w Wimperschnüre, zu den Schwimmplättchen, welche die Rippen aufbauen.

pol schwebt in einer Blase der rundliche Statolith; er ruht auf vier Federn, die je mit den vier Doppelreihen

[1] Sonst kommen Ohrblasen oder Statocysten nicht eben vielen niederen Tieren zu. Sie finden sich vereinzelt bei Strudelwürmern und Anneliden. Unter den Echinodermen sind sie bei den Auriku-larien oder Holothurienlarven nachgewiesen; unter den erwachsenen haben sie die Synapten oder Klettenholothurien,

wimpernder Schwimmplättchen in nervöser Verbindung stehen. Bei jeder Schieflage der Qualle drückt der Statolith stärker auf eine Feder, diese reizt die zugehörige Wimperrippe zu besonders kräftigem Wimperschlag, und das Tier richtet sich wieder auf.

Nicht weniger deutlich ist der Versuch mit langschwänzigen Krebsen. Hier liegt das Organ in der Basis der kleinen Fühler, so zwar, daß eine Spalte noch nach außen führt und daß als Statolith ein Fremdkörper, ein Steinchen, dient, das auf den großen Hörhaaren ruht. Bei der Häutung wird der ganze innere Chitinüberzug der Kapsel und der Hörhaare mitsamt dem Statolithen abgestoßen. Nach der Häutung wird ein neues Steinchen hineingesteckt. Bedeckt man nun den Boden des Aquariums anstatt mit Sand mit Eisenfeile, so wird eben ein Stückchen Eisen als Statolith genommen. Nähert man einem solchen Krebs einen Magneten von der Seite oder von oben, dann wird das Steinchen entsprechend auf falsche Hörhaare drücken; der Krebs hat die Empfindung, als befände er sich in falscher Lage und wird die Normalstellung durch eine in Wahrheit vollkommen verkehrte Stellung zu erreichen suchen.

Zu entsprechenden Resultaten führt die Exstirpation der Ohrblase bei Krebsen, Tintenfischen und Fischen; sie alle haben damit das Gefühl für die Gleichgewichtslage verloren, schwimmen auf dem Rücken oder, wie

doch fehlen darin die Statolithen. Dagegen treffen wir sie mit Hörsteinen bei Tiefseeholothurien und hier zwar in auffallend großen Zahlen. Elpidea glacialis hat je ein Bläschen am Ursprunge der beiden dorsalen und der beiden seitlichen ventralen Radialnerven, an den letzteren aber noch je 5 weitere am Abgange der Füßchennerven. Bei anderen steigt die Zahl von 5 bis auf je 26 und die Zahl der Steine im einzelnen Bläschen bis auf 130.

der Fisch, heftig im Kreise, bis er ermüdet am Boden auf der Seite liegt, um nachher die unregelmäßig ungeordnete Bewegung von neuem zu beginnen.

Der Fisch zeigt dabei die Differenzierung der statischen Funktion im Wirbeltierohr. Hier haben wir vom Vorhof aus nach der einen Seite drei aufeinander senkrechte halbkreisförmige Kanäle mit je einer Ampulle, in der ein Nerv endet (die Reduktion derselben auf zwei und einen bei den Cyklostomen [Petromyzon und Myxine] beruht auf Rückbildung dieser Tiere, die keineswegs in der geraden Linie des Stammbaums liegen). Die drei Kanäle entsprechen den drei Richtungen des Raumes (anatomische Grundlage der Geometrie), und der Reiz eines freigelegten Kanales hat eine Bewegung des Kopfes zur Folge in der Ebene, in der der Kanal liegt. Die andere Hälfte des Ohrlabyrinthes dient zur Wahrnehmung der Töne, doch ist diese bei den Fischen, wie es scheint, überhaupt noch nicht entwickelt, sondern der Sacculus mit dem großen Otolithen dient der Wahrnehmung rotierender Bewegungen, und erst mit der Ausbildung der Schnecke beginnt das wirkliche Hören (s. u.).

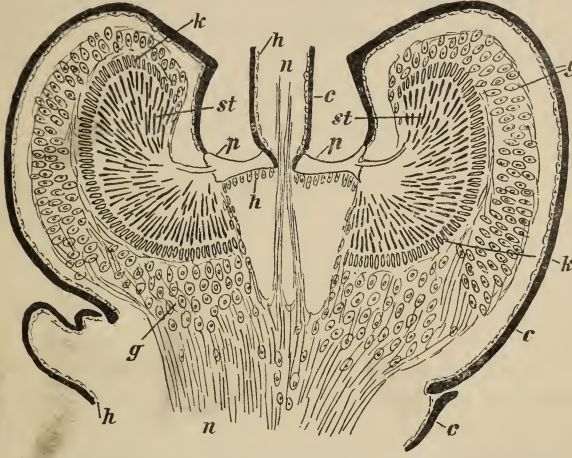
Bei Petromyzon und Myxine scheint die Reduktion der Kanäle mit einer beschränkten Orientierung im Raum einherzugehen, insofern als sie größere Ortsbewegung nicht frei ausführen, sondern sich dazu an Fremdkörpern, Fischen ꝛc. ansaugen. Die japanischen Tanzmäuse, welche sich nur im Zickzack bewegen und häufig unmotiviert im Kreise drehen, haben in der That von den drei Paar Kanälen nur einen entwickelt.[1]

[1] Die schwierige Operation, durch welche, namentlich bei Vögeln, die halbkreisförmigen Kanäle aus dem knöchernen Labyrinth freigelegt werden,

Die Krebse führen in eine andere Reihe über. Bei den Kurzschwänzern hat die Kapsel keine Spalte mehr, sondern ist geschlossen, natürlich ist dann der Otolith kein Fremdkörper. Bei den Langschwänzern Mysis liegt sie in einer Fußplatte am Hinterende des Leibes. Eine parallele Reihe findet sich unter den Muscheln. Bei den altertümlichsten, den Nuculiden, führt noch ein offener Kanal aus der Otocyste nach außen, als Zeichen der Ektodermeinstülpung, bei allen übrigen ist sie geschlossen. Bei den Insekten kommt ein anderes Prinzip zur Geltung. Die Nervenenden tragen Hörstifte, prismatische Körper im Inneren von Zellen. Sie sind reihenweise angeordnet zu chordotonalen Organen, wobei die Stifte an Länge kontinuierlich abnehmen, verschiedener Wellenlänge entsprechend. Sie scheinen für verschiedene Reize empfänglich, Berührung, Wellen und das Gleichgewicht des Körpers. Sie liegen bald am Rumpf, und zwar nur in einem Paar oder in segmentaler Wiederholung, bald in den Flügeln, in den Vorder- und Hinterflügeln bei Clytus und den Syrphiden, in den Halteren oder Schwingkölbchen der Dipteren zu drei Platten angeordnet, bald in den Beinen, in verschiedenen Abschnitten bei manchen Coleopteren und Phryganiden, in dem Schenkel bei den Pediculiden, in der Schiene bei Orthopteren, Pseudoneuropteren, Ameisen, in den Tarsen bei Käfern. In einem der Grundglieder von Mückenfühlern sind sie beim Männchen viel stärker ausgebildet als beim Weibchen, in jedem Falle radiär

schließt ein Bedenken ein, insofern als dabei stets eine Stelle des Kleinhirns, die Flocke oder der Flocculus, verletzt zu werden scheint. Verletzungen des Cerebellums aber haben stets Bewegungsstörungen im Gefolge.

angeordnet, das Glied beim Männchen kuglig aufgetrieben (Johnston'sches Organ). Die statische Funktion zum Steuern tritt besonders klar bei den Halteren der Zweiflügler hervor, da nach Wegnahme dieser Schwingkolben der Flug jede bestimmte Richtung verliert. Bei Mücken



Figur 20. Die ersten beiden Antennenglieder einer männlichen Mücke, Mochlonyx culiciformis.
c Chitin, g Ganglienzellen, h Hypodermis (Epithel), k Kerne der Stiftzellen, n Fühlernerv, p Platte, gegen welche die Stäbchen oder Stifte st konvergieren.

äußert sich die akustische Wirkung des Johnstohn'schen Organs insofern, als beim Herannahen eines tönenden Instrumentes der benachbarte Fühler gestreckt wird. Sonst wird ein Gehörorgan hauptsächlich dadurch erreicht, daß sich eine Tracheenblase zur Resonanz mit der Leiste von Hörzellen verbindet, so in der Vorderschiene der Locustiden. Bei den Acridiern kommt am letzten Brustringe

außerdem über der Tracheenblase ein Trommelfell, als ein kreisförmiger Abschnitt der äußeren Haut, der durch Muskelzug gespannt werden kann, hinzu; an der Innenseite liegt dem Trommelfell der nervöse Endapparat an. Diese Organe heißen Tympanalorgane.

Im allgemeinen ist für die Uebertragung der Töne auf die Nerven eine doppelte Einrichtung vorhanden, entweder gespannte Saiten oder elastische Haare (nach Art der Stimmgabeln) von verschiedener Länge. Freie Hörhaare kommen bei Krebsen, namentlich aber bei Spinnen vor, bei letzteren als eine Reihe stärkerer Borsten an den Beinen zwischen den übrigen Haaren. Ihre Bedeutung ist in der Otocyste durchscheinender Krebse, die sich am lebenden Tier mit dem Mikroskop beobachten läßt, nachgewiesen. Bei Uebertragung verschiedener Töne in das Wasser sieht man jedesmal andere Hörhaare in Erzitterung geraten.

Die gespannten Saiten sind der Schnecke der Wirbeltiere eigen, im Corti'schen Organ. Das ursprüngliche Bläschen trennt sich mehr und mehr in zwei Abteilungen, den Utriculus mit den Bogengängen und dem Sacculus, der sich in die Schnecke verlängert und schließlich bei den Säugern sich am stärksten aufwindet. Die mittlere, wie eine Wendeltreppe ausgespannte Membran enthält wohl 20000 radiär gespannter Sehnenfäserchen von kontinuierlich wachsender Länge, auf denen die Hörzellen stehen, mit ihren freien Endhärchen gegen einen festen darüber angebrachten Dämpfer stoßend. Die komplicierte feinere Anatomie über das Princip hinaus muß übergangen werden. Sacculus und Utriculus stehen noch durch den Ductus endolymphaticus im Zusammenhang, der, als seit-

licher Kanal, oft aus der Schädelkapsel heraustretend, bei den Geckonen bis zur Schulter, ein Uebermaß von Erschütterungen ableitet. Die freie, ungehinderte Fortleitung der Wellen innerhalb des komplizierten Ohrbläschens oder des häutigen Labyrinths wird dadurch gewährleistet, daß es sich nicht rings unmittelbar an die Schädelwände anlegt, sondern von einem Ductus perilymphaticus umgeben ist.

Während die Wellen bei Tieren, die im Wasser leben oder mit großer Fläche dem Boden aufliegen, leicht von der Oberfläche des Körpers aufgenommen werden, gesellen sich bei echten Lufttieren, die sich freier vom Boden erheben, Schall auffangende und zuleitende Organe dazu, bei den Wirbeltieren aus einer Kiemenspalte hergestellt durch Funktionswechsel. Von den Fröschen an zeigt sich ein Trommelfell mit der dahintergelegenen Paukenhöhle, die als Ohrtrompete in die Rachen-, Mund- und Nasenhöhle führt, um stärkere Schallwellen von beiden Seiten zugleich auf das Trommelfell wirken zu lassen. Zwischen Trommelfell und innerem Ohr spannen sich Knöchelchen aus, um die Schwingungen der Membran auf das häutige Labyrinth zu übertragen, dessen knöcherne Umgebung zu diesem Zwecke durch das ovale Fenster unterbrochen ist. Die Knöchelchen entstammen, ebenfalls durch Funktionswechsel, dem Kieferapparate, zuerst die Columella oder der Steigbügel, der in das ovale Fenster paßt, als umgewandeltes Hyomandibulare, der Ambos als Quadratbein, das noch bei den Vögeln außen zwischen Schädel und Unterkiefer liegt, und der Hammer als Meckel'scher Knorpel aus dem Unterkiefer. Mit dem

spezifischen Gewicht des umgebenden Mediums hängt es zusammen, daß die Fische einen derben kalkigen Hörstein, die übrigen Wirbeltiere aber nur ganz feine schwebende Otolithen haben.

Das Trommelfell rückt weiter nach innen, und es entsteht der äußere Gehörgang, der durch die Klebrigkeit des Ohrenschmalzes das Eindringen ungebetener Gäste erschwert und durch dessen Bitterkeit sie noch mehr abschreckt. Schließlich entwickelt sich als äußere bewegliche Hautfalte, welche die Richtung des Schalles aufzufinden erlaubt, die Ohrmuschel, bei den Eulen, die mehr auf Gehör als auf das Gesicht angewiesen sind, durch besondere Federn, welche mit der Falte bewegt und zu einer weiten Spalte auseinandergelegt werden können, vertreten.

So sehen wir fast überall, wo Schallwahrnehmung vorhanden ist, diese mit dem statischen Apparat verquickt. Besonders deutlich wird es bei den Cyprinoiden, deren Schwimmblase durch eine Reihe ineinandergreifender und durch Sehnen verbundener Knochen mit dem Ohr direkt zusammenhängt; Stapes, Claustrum, Incus und Malleolus sind hervorgegangen aus Teilen der ersten Wirbel und der dritten und vierten Rippe.

Die eigentliche akustische Leitung scheint bei den meisten Tieren ziemlich einseitig und beschränkt entwickelt. Eine Muschel zwar ist gegen jede Erschütterung des Wassers und Bodens sehr empfindlich, ein Schmetterling dagegen fliegt auch bei kräftiger Lautäußerung seines Verfolgers nicht weg, sofern nur Bewegungen dabei vermieden werden; ebenso wird's bei den zirpenden Schrecken sein, und wie unempfindlich die so hoch musikalischen Vögel gegen Töne im allgemeinen sind, beweist das Nisten und

Brüten so manchen Singvogels unter der Eisenbahnschiene einer stark befahrenen Strecke.[1]

Stimme. Die größte Sicherheit, daß einem Ohr wirkliche Schall- und Tonwahrnehmung zukommt, hat man, wenn das betreffende Tier selbst Töne von sich giebt, wiewohl auch dann noch keineswegs immer. Die willkürliche Stimme findet sich nur bei Gliederfüßern und Wirbeltieren; der Ozean mit dem ganzen Heer niederer Tiere ist ursprünglich stumm, und nur was von Krebsen, Fischen und Seesäugern einzelne Lautäußerungen mitgebracht oder auf Grund der auf dem Lande erworbenen Anlage kümmerlich entwickelt hat, bringt ganz schwache Musik hinein. Die elastische Luft war der Erzeugung der Töne ungleich günstiger als das schwerfällige Wasser.

Die Stimme ist entweder Vokalmusik oder eine instrumentale, zumeist durch Reibung rauher gezähnelter Leisten aneinander. Fische, die eine Stimme haben, erzeugen vorwiegend Geräusche, sei es durch Muskelschwingungen, wie die Knurrhähne, sei es durch einen über einen harten Vorsprung wiederholt weggeschnellten und damit knappenden Knochen, wie am Schultergürtel von Balistes; die Geräusche werden meist durch die Resonanz der Schwimmblase verstärkt. Am auffälligsten ist das allgemeine Trommelkonzert, welches gewisse brasilianische Welse während der Laichzeit aufführen. Eine Vokalstimme, von den Luftwegen aus, mit Kehlkopfbildung, beginnt von den Ganoiden und Dipnoern an, d. h. bei sehr frühen

[1] Betreffs der statischen Bedeutung des Vogelohrs wird angegeben, daß gute Flieger mit komplizierten Bewegungen ein besser entwickeltes und komplicierteres Labyrinth haben als schlechte.

Formen. Protopterus, aus dem Trockenschlafe erwachend, quakt deutlich. Die Amphibien mit den mancherlei Schallblasen, Ausstülpungen der Rachenschleimhaut, erreichen bereits einen ziemlich hohen Grad der Stimmäußerung im Dienste des Geschlechtslebens, die Reptilien weniger, die Schildkröten pfeifen, zischen und fauchen, Schlangen zischen, die Alligatorenmännchen brüllen laut während der Brunstzeit, der nächtliche Ruf der Geckonen hat ihnen den Namen verschafft. Bei den Vögeln steht dem oberen Kehlkopf oder Larynx der untere, die Syrinx gegenüber, die bei der Stimme den Ausschlag giebt. Die lange Luftröhre, die trommelartige Auftreibung ihres unteren Endes beim Erpel u. dergl. ändern Stärke und Klangfarbe. Bei den Säugern wird die Lautäußerung meist weniger musikalisch, aber vielseitiger, bis hinauf zum Hylobates lar, der innerhalb einer vollen Oktave die Tonleiter beherrscht, und bis zum sprachbegabten Menschen, bei dem die musikalische Ausübung zur rein ästhetischen wird und somit auch auf das weibliche Geschlecht übergeht.

Das Chitinskelett der Gliedertiere befähigt manche Krebse (Palinurus) zu knarrenden Geräuschen. Meistens werden es hohe zirpende Töne; so schon bei einzelnen Spinnen, und zwar unterschiedslos bei beiden Geschlechtern. Von Myriopoden ist nichts bekannt. Bei Insekten liegen die gezähnelten Leisten an sehr verschiedenen Körperteilen, bald an den Brustringen, bald, bei manchen Käfern, an Flügeldecken und Hinterleibsrücken, bald an den Schenkeln. Dazu kommen Töne durch Auspressen der Luft aus den Stigmen, deren Muskelverschluß stimmbandartig vorspringt. In vielen Fällen

handelt sich's wohl nur um Schreckmittel, wie bei den Käfern, die bei Berührung zirpen. Hummeln stoßen beim Zerstören des Nestes einen hohen Ton aus, und derselbe wird von einem Wächter, dem Trompeter, der zuerst aufsteht und auf dem Neste sitzt, zum Wecken benutzt. In anderen Fällen tritt die Musik in den Dienst des Geschlechtslebens und ist nur den Männchen eigen; die Feldheuschrecken geigen mit den Schenkeln oder Sprungbeinen gegen die Randader der Flügeldecken; bisweilen kommen Resonanzapparate dazu, die Zirpleiste am Anfange der Flügeldecken bei Laubheuschrecken und Grillen liegt in der einen am Rande einer glatten Haut des Spiegels; beim Cikadenmännchen dient eine Lufttrommel im Abdomen zur Schallverstärkung.

Kleine Wasserwanzen sind wohl die einzigen Kerfe, welche die Stimme mit ins Wasser genommen haben.

Ueber die Höhe der Stimme ein bestimmtes Urteil abzugeben, ist nicht angängig. Bei Apparaten, welche auf so verschiedener Grundlage und so sporadisch erworben wurden, ist ein tieferes Gesetz von allgemeiner Gültigkeit kaum anzunehmen. Wenn der gefangene Totenkopf durch einen Luftstrom, den er gewaltsam aus dem Darm durch den Rüssel treibt, einen heftigen schrillen Laut ausstößt, so ist zu vermuten, daß bei kleineren Schmetterlingen der entsprechende Ton erzeugt wird, aber für unser Wahrnehmungsvermögen zu hoch liegt. Lehrreich sind in dieser Hinsicht die Ameisen, Bei uns einheimische haben Schrillleisten, ohne daß wir Töne hören; größere Formen von Paraguay (Pachycondyla flavicornis Fabr.) jedoch erzeugen mit dem gleichen Apparat einen vernehmlich zirpenden Ton; also hören wir ihn bei den kleinen Arten nur nicht. Wir können

trotzdem seine Wahrnehmung nachweisen. Denn während die Ameisen sich gegen die verschiedensten Töne indifferent verhalten, geraten sie bei solchen von einer bestimmten großen Höhe in heftige Aufregung.

Wunderlicherweise erzeugen auch einige Reptilien auf dem Lande Instrumentalgeräusche und -Töne. Ob die Rassel der Klapperschlange eine biologische Bedeutung hat zum Abschrecken größerer Wiederkäuer, die sie zertreten könnten, oder ob sich's um eine ganz gleichgültige, zufällige Form des Schuppenkleides handelt, die bei jeder Häutung als hohle Düte am Hinterende hängen bleibt, ist wohl kaum zu entscheiden. In der Wüste aber giebt's Echsen mit Schrillorganen nach Art der Heuschrecken, die dadurch angelockt werden, Ptenopus in Angra Pequena hat's an der Kehle, der transkaspische Teratoscincus hat eine Reihe großer, dachziegelig aufeinander gelegter Schindeln auf der Oberseite des Schwanzes.

Anhang. **Das Seitenorgan.** Wenn das Gehör aufs deutlichste an statische Organe anknüpft und diese wieder, in den Hörhaaren der Gliedertiere, an das Gefühl, insofern als allerlei Erschütterungen der Luft oder des Wassers wahrgenommen werden, und wenn beide, wie alle Sinneswerkzeuge, durch Einstülpung aus dem Ektoderm hervorgehen, — dann gehört in diese Reihe ein Sinneswerkzeug, das, am besten bei Fischen entwickelt, auch den Quappen der Amphibien zukommt. Auch einige erwachsenen Echsen, die Amphisbänen und Zonuriden, haben wohl noch letzte Reste[1], so gut wie bei Anneliden und

[1] Bei Echsen mit so starrem Hautpanzer wie Pseudopus ermöglicht die Seitenfalte gleichzeitig die Erweiterung des Brustkorbes bei tiefer Atmung, ein Punkt, der bei den Amphisbänen nicht in Betracht kommt (s. u. IX).

manchen Vorderkiemern in entsprechenden Seitenlinien Sinnesknospen angebracht sind. Bei den Fischen erstreckt sich jederseits ein Kanal, der in bestimmte Schuppen eingelassen ist und sich am Kopf meist in drei Aeste spaltet (die gewissermaßen äußere Parallelen zu den drei Bogengängen darstellen). Sie können sich in einzelne Gruben, Ampullen ꝛc. auflösen. Es scheint, als wenn die Aufgabe dieser Organe in der Wahrnehmung von allerlei Bewegungs- und Druckänderungen, von Erschütterungen, die nicht zu regelrechten Schallwellen geordnet sind, da wären, z. B. wenn das Tier sich mit schnellem Ruderschlage einem festen Körper nähert oder wenn mit der Tiefe der Druck wechselt. Bei den Liebesspielen der Makropoden (Polyacanthus) sieht man das Männchen auf das Weibchen zustürmen, aber plötzlich in kurzer Entfernung davor Halt machen. Die Erregung dieser Bewegung wird vermutlich durch die Seitenorgane des Weibchens wahrgenommen. Bei den Ichthyophislarven geht die Funktion wahrscheinlich ins Gehör über, die nervösen Zellen, welche den Kanal auskleiden, haben freie Hörhaare, auf denen ein Körper ruht, der wohl als Otolith zu deuten ist.

Das Seitenorgan wird durch den nervus vagus, also vom Hirn aus, versorgt, worin es mit den Otocysten aller bilateralen Tiere übereinstimmt, mit Ausnahme der Arthropoden, die vermutlich als Landanpassung nach gleichen physikalischen Prinzipien die morphologisch neuen Chordotonalapparate erworben haben.

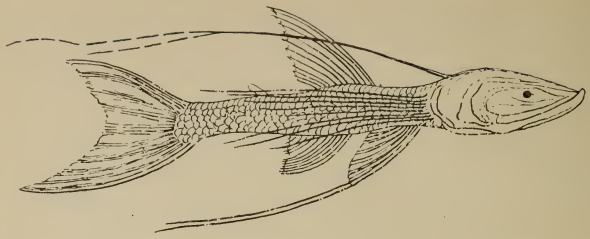
V. Das Gefühl.

Was man zumeist als Gefühl oder Getast zusammenfaßt, entspricht im Tierreich so wenig einem einheitlichen Vorgange, als daß man's auf eine bestimmte äußere Reizkategorie beziehen könnte. Das Getast der Säuger hat die Aufgabe, vermittelst der in den Tastpapillen der Lederhaut liegenden Tastkörperchen durch Druck Konsistenz und Form von Fremdkörpern festzustellen. Dazu eignen sich die Enden der Extremitäten, die Finger- und Zehenspitzen, die Zunge in hervorragendem Maße. Bei den Schlangen wird die Zunge zum einzigen Tastwerkzeug, unter den Vögeln ist sie bei den Papageien besonders dazu ausgestaltet. Die Gymnophionen oder schlangenähnlichen Amphibien (Ichthyophis) haben aus einer Falte der Nebennasenhöhle einen Fleischtaster entwickelt, der wohl in seinem biologischen Wert der Schlangenzunge an die Seite zu stellen ist. Bei den Greifschwänzen der Affen kommt an haarloser Unterseite die gleiche Anordnung der Nervenendkörperchen in dichten Reihen vor, wie an unseren Fingerspitzen. Aber schon beim Vogelschnabel, der den feuchten Boden nach Nahrung sondiert, wie der der Schnepfen, wissen wir nicht, ob die Sinnesgrübchen an seinem Ende mehr dem Geruch oder dem Getast dienen. Die Barteln der Fische, namentlich der Bodenfische, wie Welse, Karpfen und Gadiden, bleiben ebenso unsicher, ganz abgesehen von dem Gebrauch der wurmartig spielenden langen Fühler der Welse als Köder. Bei den meisten niederen Tieren dürften die Tentakel

zwar bei Berührung die Anwesenheit und Beschaffenheit der Fremdkörper vermitteln, aber weniger durch wirkliches Getast als durch Muskelgefühl, welches über den geleisteten Widerstand Auskunft gibt. Fast alle sogenannten Fühler, bei Insekten, Tausendfüßern und Krebsen, bei Schnecken und Muscheln, besonders in der Umgebung des Atemsipho, bei Anneliden und Turbellarien, haben Nebenaufgaben, die wohl zumeist auf der Seite des Geruchs liegen; ihre Nervenenden haben mit Getast so gut wie nichts zu thun, sie vermeiden daher auch jede ausführliche tastende Berührung mit dem Fremdkörper, dem sie sich nur vorsichtig nähern. Man denke an das schnelle Zurückziehen der Fühler einer Schnecke bei leisester Berührung. Die Kiefertaster der Spinnen scheinen allerdings zum näheren Betasten der Beute da zu sein. Besonders verlängerte und verschmälerte Beine, das dritte Paar bei den Pedipalpen, das erste bei vielen Mücken, ist in ähnlicher Weise gestaltet, wie sonst die Fühler.

Besonders gute Fühlvorrichtungen, die auf eine gewisse Entfernung wirken, sind die Schnurrhaare vieler Säuger, die in ein elastisches, blutgeschwelltes und nervenreiches Polster eingepflanzt sind, ähnlich die verzweigten Haare in der Flughaut und den Nasenaufsätzen und den Ohrenmuscheln der Fledermäuse, die jeden Lufthauch, auch die Luftstauung in der Nähe fester Wände, percipieren, unsere Augenwimpern u. dergl. An Nervenpapillen besonders reich ist die Schnauze des Maulwurfs, des Olms, ebenso die Schnabellamellen der gründelnden Lamellirostres (Gänse und Enten).

Wie die Tasthaare der Katzen und Fledermäuse mit der

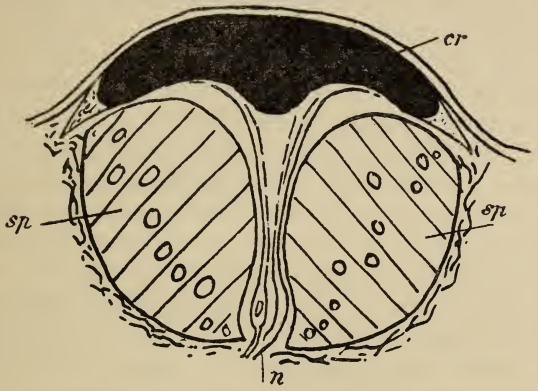


Figur 21. Bathypterois longicanda, ein Tiefseefisch mit fühlerartig verlängerten Flossenstrahlen.

nächtlichen Lebensweise zusammenhängen, so sind bei Höhlentieren und den Bewohnern tiefer, dunkler Wasserschichten lange Fühler an Stelle der verkümmerten Augen entwickelt. Tiefseekrebse zeichnen sich meist durch abnorm lange Beine und Fühler aus, ebenso Fische, bei denen namentlich einzelne Flossenstrahlen ungeheuerliche Länge annehmen können. So wird der Kreis ihres Wahrnehmungsvermögens beträchtlich erweitert. Die gegenseitige Vertretung tritt besonders klar hervor, wenn Höhlenphalangiden an Stelle der Augen Fühler tragen. Die langen, aber schwachen Gliedmaßen der Grottenmolche dienen nicht mehr als Bewegungs-, sondern fast ausschließlich als Tastwerkzeuge.

Mit dem Gefühl als dem allgemeinen Sinn der ganzen Haut verbindet sich die Wahrnehmung der Wärmeschwankungen, der Temperatursinn, als ein auch in die Ferne wirkendes Orientierungsvermögen. Bei uns scheinen die freien Nervenendigungen in der Oberhaut (gegenüber den Tastkörperchen) für die Wärmeempfindung da zu sein. Im allgemeinen wissen wir von besonderen Einrichtungen in dieser Hinsicht wenig. Nur von Cephalopoden

der Tiefsee werden besondere thermoskopische Organe angegeben. Unter einer gewölbten Hautfläche liegt schwarzes Pigment, das die Wärmestrahlen absorbiert und auf das Ende eines Nerven weitergiebt, von zwei Reflektoren zu den Seiten des Nerven unterstützt.



Figur 22. Thermoskopisches Organ eines Cephalopoden (Chiroteuthis). cr Linsenförmige Farbzelle, n Nerv, sp Spiegel.

Uebermäßige Abkühlung wird von der Haut ebenso empfunden, wie übermäßige Hitze, ja die durch Kälte erzeugten „Brandblasen" heilen besonders schwer.

VI. Chemische Einflüsse.

Für Sinneswahrnehmungen und Ausbildung von Sinneswerkzeugen kommen hier gasförmige und flüssige, bezw. lösliche Körper in Betracht. Die ersten haben Geruchs-, die letzteren Geschmacksorgane erzeugt. So klar der Unterschied zwischen beiden auf dem Lande

ist, so schwer ist er im Wasser festzustellen, da die Gase mehr oder weniger ähnliche Lösungen bilden. Allerdings sollte man eine derartige Schwierigkeit überall vermuten, da die Nervenenden bei beiden Sinneswerkzeugen auf dem Lande von einer Flüssigkeit überzogen werden müssen, während sie im Wasser frei in das Medium hineinragen als feine Fortsätze der Nervenendzellen.

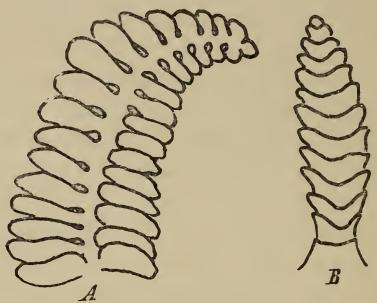
Geruch. Der Geruch ist in seiner Bedeutung für das Leben der Tiere außerordentlich wechselnd, oft erscheint er, wie etwa beim Hunde, der die Fährte des Herrn oder des kranken Wildes aus vielen Fährten herauserkennt, der gewissermaßen ein Geruchsbild in sein Gedächtnis aufnimmt, für uns unfaßbar fein, in anderen Fällen wieder, wie bei den meisten Echsen, dürfte er sehr gering sein. Sein Wert ist ein doppelter, für das Auffinden der Nahrung und zwar der eigenen oder der für die Nachkommen geeigneten (Futterpflanzen für Raupen ꝛc.) und des anderen Geschlechts (wozu gelegentlich das Spüren von Feinden kommt). Im zweiten Falle pflegt das Männchen mit besseren Geruchswerkzeugen oder Osphradien ausgerüstet zu sein (s. u.). Für die Nahrung leistet er wohl das meiste bei den Aasfressern, zu denen der Hund so gut gehört, wie Aas- und Mistkäfer. Vielleicht kann man das Auffinden entfernter Wasservorräte bei Wüstentieren als besondere Leistung anschließen. An das Unfaßbare grenzt es, wenn manche Schlupfwespen die Larven, in welche sie ihre Eier legen wollen, tief im Boden oder im Holze von außen mit Sicherheit auffinden und durch Holz und Erde hindurch mit ihrem Legestachel erreichen. Doch muß man bei derartigen extravaganten Geruchsleistungen immer bedenken, daß es sich um eine einseitige Entwickelung

handelt, so daß wir in summa mit unseren Sinnen keineswegs zurückzustehen brauchen.

Mit Vorliebe ist die Nase als Wächter an den Eingang der Atemorgane gestellt, bei den Landwirbeltieren, bei den Muscheln als Geruchsleiste in der Nähe des Atemsiphos, bei den Vorderkiemern als ähnliche, oft kompliziert geblätterte Sinnesleiste in der Kiemenhöhle, und bei denen, welche das Atemwasser durch einen Sipho hereinholen, in dessen Basis hineinragend. Ebenso häufig sind aber auch beiderlei Organe getrennt, bereits bei den Fischen. Unter den Gliedertieren dienen wohl alle Fühler zum Riechen, ja wo, wie bei Scolopendern, das letzte Beinpaar den Fühlern ähnelt, auch dieses, so gut wie bei niederen Insekten die Anhänge des Hinterleibes; bei den Spinnern namentlich sind die Fühler der Männchen mit besonders großen Geruchsblättern ausgestattet, ähnlich beim Maikäfer, wie denn überhaupt viele Arthropoden vergrößerte Riechflächen zeigen. Nur die Spinnen scheinen vom Geruch nicht geleitet zu werden. Die Landschnecken haben den Geruch fast ausschließlich in den Fühlerknöpfen, wiewohl im Eingange der Lungenhöhle, besonders bei den räuberischen Testacellen, auch Osphradialleisten vorkommen. Die nackten Hinterkiemer scheinen die zwei vorderen Fühler zum Tasten zu haben, die zwei hinteren zum Riechen, und oft ist ein solches Rhinophor so kompliziert geblättert, wie ein Osphradium in der Kiemenhöhle.

Die Nase der Wirbeltiere hat meist noch eine Nebenhöhle, das Jakobson'sche Organ, die nicht mit der Außenwelt in Kommunikation steht, sondern sich bloß nach der Mundhöhle öffnet und somit wohl bloß

die Speisen prüft. Andererseits erhält sie die Nebenaufgabe, für die Reinigung der Luft zu sorgen; bei solchen Formen, welche die Nase am trockenen Boden zu



Figur 23. Geruchswerkzeuge von Meeresschnecken.
A Osphradium oder Geruchsleiste aus der Kiemenhöhle eines Vorderkiemers.
B Rhinophor, hinterer Fühler eines Hinterkiemers.

halten durch ihre Lebensweise gezwungen sind, müssen die schleimigen Wege eng sein, um Staub sicher zu filtrieren; bei kleinen, Nagern z. B., leisten's die kleinen Körperverhältnisse von selbst, bei großen, Raubtieren und Wiederkäuern, wird's durch die vielfache Teilung und Faltung der unteren Nasenmuschel erreicht. Der Geruch sitzt in den oberen Teilen der Nasenhöhle, deren untere eben für die Staubreinigung und, durch die einmündenden Nebenhöhlen unterstützt, für Anwärmung und Anfeuchtung der Atemluft sorgen. Die genauere Analyse erfordert dann ein stärkeres Einziehen der Luft auch nach der Geruchsregion, „Schnüffeln, Wittern".

So gut das Geruchsvermögen der meisten Säuger, so schwach scheint es bei den Vögeln, außer vielleicht den

Nachtraubvögeln, ja bei allen übrigen Wirbeltieren, welche sich vorwiegend durch das Auge leiten lassen. Der Kondor soll ein Aas nicht finden, sobald es durch Zudecken den Blicken entzogen ist; doch werden neuerdings Zweifel an der Schwäche des Vogelgeruchs laut. Die Frage muß als offen gelten.

Als ein Beweis dafür, daß auch das Osphradium von Wasserschnecken wirklicher Geruchswahrnehmung dienen kann, seien die Reusenschnecken (Nassa) genannt, die zur Ebbezeit, im Sande vergraben, zurückbleiben. Sobald ein Stück Fleisch oder Aas in der Nähe liegt, sieht man den Atemsipho nach der Stelle hin sich bewegen und wittern. Bald kommt die Schnecke der Beute nach. Die Nassen können geradezu als Strandpolizei gelten, welche für die Reinigung sorgen. Das Beispiel zeigt, wie das Osphradium gleichermaßen im Wasser wirkt wie außerhalb. Andererseits beweisen gerade die verschiedenen Ausbildungen der Schneckenosphradien, ihr Wechsel zwischen Atemhöhle und Fühlern, daß zwischen den niederen Sinnen eine scharfe Grenze kaum zu ziehen ist und daß sie hier in der allgemeinen Schleimhaut des Körpers ihre gemeinsame Wurzel haben; daher es kaum möglich ist, noch weiter abwärts im Tierreich bestimmte Geruchsorgane zu umgrenzen. Man ködert, sieht, was sich eingestellt hat, und schreibt die Wirkung dem chemotaktischen Reiz des Köders zu. Daß dabei die für uns unverständlichsten Sprünge vorkommen, ist leicht zu zeigen. Wenn z. B. Wolfsspinnen, welche in eifriger Brutpflege ihre Eiersäckchen mit sich herumschleppen, die entrissenen Cocons eifrig wieder aufnehmen, obgleich inzwischen die Eier durch eine Kugel zusammengedrehten Papiers ersetzt sind, sofern nur nicht das Papier in Be-

rührung mit der Spinne kommt, sondern nur das Gespinst, — wenn die betrogene Mutter das Cocon mit sich weiterschleppt und hütet, auch dann noch, wenn die Papierkugel im Wasser aufquillt und das Vielfache des anfänglichen Gewichtes oder des Eiergewichtes erreicht — dann ist kaum zu begreifen, worin dieser chemotaktische (?) Reiz eines für uns geschmack- und geruchlosen Gespinstes beruht, ein Reiz, der so stark ist, daß er die gröbste mechanische Täuschung zuläßt.

Es ist schon darauf hingewiesen, daß wohl keine anderen Gase so innig die Entwickelung des Geruchs beeinflußt haben, als die, welche mit der normalen Verdauung und Verwesung des Organismus zusammenhängen, Abscheidungen und Fäulnisgase. Stoffe, die nicht in den normalen Kreislauf gehören, wirken stets nur schädlich und abstoßend, wie die Salzsäure und die schweflige Säure der Vulkane. Der zumeist so verderbliche Schwefelwasserstoff dagegen, als normales Fäulnis- und Verdauungsprodukt wird von vielen Tieren in hohem Grade vertragen; und wir finden hier eine Menge biologischer Uebergänge zwischen Tieren, die in verdorbenem, schlammigem Süßwasser leben (besonders Dipteren und manche Infusorien), solchen in Kot und Leichen und den Darmschmarotzern (Würmern, Gregarinen, Infusorien). Dieser Einfluß reicht aber weit, das Trimethylamin, der Charakterstoff der Heringslake, kommt ebenso bei Zersetzung vor als normal in Blüten (Weißdorn, Birne u. a.); daher wir auf diesen Blüten als Befruchter vielfach Aas- und Schmeißfliegen antreffen (wie denn so starke Aaspflanzen, wie Stapelia, solche Fliegen geradezu verführen, auf ihnen ihre Eier abzusetzen, so daß sie unfehlbar zu Grunde gehen müssen, oder wie die insekten-

fressenden Sarracenien durch den Aasgeruch der Flüssigkeit in den Krugblättern besonders Schmeißfliegen in diese hineinlocken). Solche Stoffe erklären also die biologische Zusammengehörigkeit vieler Blüten mit Auswurfsstoffen, daher wir z. B. die Rosenkäfer oder Cetonien in den afrikanischen, an Wiederkäuern und Mist so reichen Steppen als Dungkäfer wiederfinden, wie sonst die verwandten Mistkäfer. Sicherlich gehören hierher die oft sprungweise launenhafte Ablage von Schmetterlingseiern an verschiedene, systematisch gar nicht zusammengehörige Futterpflanzen, und so sei zum Verständnis solcher Anomalien nur daran erinnert, daß Hundeharn nach Veilchen riecht und der breiige Harn eben ausgekrochener Kohlweißlinge nach Jasmin.

Der Geschmack steht wenigstens in Bezug auf die Säuren in klarer Abhängigkeit von einer Kategorie bestimmter chemischer Stoffe und zwar einer der größten, für Süß und Bitter ist er viel weniger chemisch umschrieben, und für das Salzige beschränkt er sich auf ein einziges Mineral, das Kochsalz. Die Empfindungen sind bei uns mehr oder weniger lokalisiert am Gaumen, an der Spitze und den Rändern der Zunge in den pilzförmigen Papillen und in den umwallten an ihrem Grunde. Ueberall handelt sich's um Schleimhaut und um Gruppen von Nervenendzellen mit freien haarförmigen Fortsätzen, Gruppen, welche als Knospe oder Becher von wenig umgewandelten Epithelzellen zusammengehalten werden. Landtiere mit Schleimhaut über und über werden auch in der ganzen Haut wenigstens verschwommener Geschmacksempfindungen fähig sein, wie die Schnecken und wie die Frösche z. B. auch mit den Zehen sehr schwache Säure-

grade unterscheiden. Beim Frosch handelt sich's um schnelle Prüfung des Wassers, in das er flieht, auch ohne daß er's erst mit der Zunge kostet. Die meisten Säuger haben wohl Geschmack in der Zunge, wenn auch z. B. bei Ameisenfressern das einseitige Termitengericht keine große Gliederung aufkommen lassen wird. Daß der Geschmack allgemein im Tierreich verbreitet ist, sehen wir an der Verschiedenheit der Speisekarten. Und wenn auch von vornhereiu der Sitz der Empfindung vorwiegend im Munde und seiner Umgebung zu suchen ist, so fehlt uns doch über den Umfang der Organe sowie der Empfindungen noch viel an umfassender Erfahrung. Bei den Insekten, die den Geruch in den Fühlern haben (s. o.), scheint der Geschmack in den fühlerartigen Anhängen der Unterkiefer, die man zum Unterschiede als Taster bezeichnet, zu sitzen. Geschmacksknospen sind bei vielen Tieren nachgewiesen, aber bei niederen Vorderkiemern nicht nur im Munde, sondern auch an den Fühlern des Kopfes und des Epipodiums, ohne daß man hier Geschmacksempfindung vermuten würde. Muscheln, welche die Nahrung aus dem Atemwasser in den Mund spülen, Schwämme, welche ähnlich ihren ganzen Organismus durchrieseln lassen, dürften kaum in der Lage sein, zu schmecken und danach die Nahrungsauswahl zu treffen. Bei Seerosen aber läßt sich noch erweisen, daß ihre Tentakel der Unterscheidung fähig sind. Ein Stück Papier lassen sie fallen, ein Stück Fleisch halten sie fest und führen es in den Mund.

Das Kochsalz. Daß das Salz einer besonderen Geschmacksfarbe zu Grunde liegt, beruht wohl auf uralter Beziehung der Organismenwelt zum Meere. Daß es als Gewürz die Resorptionsfähigkeit des Darmes er-

höht, ist wohl hauptsächlich Folge solcher Anpassung. Die meisten Gewebe halten sich in sogenannter physiologischer Kochsalzlösung (75‰) längere Zeit unverändert nach Bau und Funktion. Hervorragende Salzliebhaberei vieler Landtiere, Wiederkäuer, Pferde, mancher Papageien für Salz oder Salzpflanzen mag nachträglich erworben sein. Wir wissen von Einzelheiten wenig genug. Salzlösungen sind natürlich in der Konzentration des Seewassers (3—4 %) am vorteilhaftesten für alle Seetiere; merkwürdigerweise stellt aber solche Konzentration auch die obere Grenze dar, die von den Rübennematoden (Heterodera Schachti) vertragen wird, 5% wirken tödlich. Für die meisten Seetiere ist Süßwasser tödlich und umgekehrt. Doch giebt es eine Anzahl, namentlich Fische, die regelrecht hin und her wechseln, entweder zu bestimmten Zeiten, oder auch, wiewohl seltner, regellos. Der Lachs wandert zum Laichen in die Flüsse, in deren Quellgebiet er seine Jugend verlebt, die Ziege (Pelecus cultratus) geht in die kleinen Gewässer, die in die Ostsee münden. Aehnlich der Stör. Umgekehrt der Aal, der im Meere laicht. Beim Aal steigt allerdings bloß die weibliche Brut in den Flüssen auf, während die Männchen im Mündungsgebiet und im Meere bleiben; zum Laichen geht's dann nicht bloß einfach ins Meer zurück, sondern in bedeutende Tiefen, in denen die ersten durchsichtigen, bandartigen Jugendstadien, die früher mit anderen marinen Aallarven als Leptocephalen eine besondere Familie bildeten, nachgewiesen sind. Ein Fisch, der allmählich aus dem Meere ins süße Wasser eingedrungen ist und ohne Schaden wieder zurückversetzt werden kann, ist der Stichling. Wir kennen eine große Menge von Tieren, welche jetzt noch im Ueber-

gangsgebiet, im **Brackwasser** leben, und zwar mit sehr verschiedener Anpassung an die Grade des Salzgehaltes. Die Ostsee, die nach Osten zu immer mehr ausgesüßt wird, bietet ein vorzüglich lehrreiches Beispiel. Der Tierbestand ist nicht übermäßig groß, aber in der salzreicheren Westhälfte viel reicher. So dringen von Cölenteraten Kalkschwämme, Actinien und Lucernarien nur in die Westhälfte ein, von 15 Hydromedusen beschränken sich 13 auf das Westbecken, nur Cordylophora lacustris geht bis zur russischen Küste, sie ist aber auch schon in den Flüssen bis Mitteldeutschland eingewandert. Von vier Akalephen gehen nur zwei nach Osten; Rippenquallen und alle Echinodermen bleiben westlich, ebenso Sagitten. Von 31 Polychäten gehen wenigstens neun in das Ostbecken, und bei den beweglichen Krebsen ist der Prozentsatz der anpassungsfähigen ziemlich hoch. Tunikaten und Hinterkiemer bleiben im Westen. Die Muscheln, bei Kiel noch ziemlich reich, schicken Mytilus edulis, Cardium edule, Tellina baltica und Mya arenaria in kümmerlichen Formen bis über die preußische Grenze hinaus; von Vorderkiemern nur die Hydrobien. — Anderwärts giebt es noch viele Tiere, besonders in wärmeren Teilen, welche ähnlich ins brackische oder süße Wasser übertreten; genannt seien nur die großen Arten der Akalephengattung Crambessa, die im Tejo, ebenso in Ostafrika und Australien einwandern, oder von Wechselfischen der Stint (Osmerus) der Ostsee und ein naher Verwandter von Neuseeland (Retropinna), als Beweise, wie die Anpassung an bestimmte Tribus gebunden ist. Eine ganze Reihe von Tiergruppen, ja von Typen, sind einfach vom Süßwasser ausgeschlossen, die Foraminiferen, die Rippenquallen, die sämtlichen Echinodermen

und Brachiopoden, die Enteropneusten, alle Tunikaten und Tintenfische, die Hinterkiemer mit Ausnahme dreier Arten, die auf dem malaiischen Archipel in den Unterlauf der Flüsse gehen und die besondere Familie der Hedyliden bilden. Neuerdings ist eine neue Form, Anchylodoris, im Baikalsee nachgewiesen, als sicheres Zeichen, daß er früher ein Meeresteil war. Das Süßwasser hat zwar auch Charaktergruppen, aber viel weniger, die ganz vom Salzwasser ausgeschlossen wären, die Süßwasserbryozoen oder Phylaktolämen wohl in erster Linie, dann die Amphibien und ihre Larven, von denen das höchste Beispiel von Anpassungsfähigkeit die Wasserfrösche sind, die an der Ostsee im Wasser von 1% Salz laichen, die Ganoiden mit Ausnahme der Störe und einige andere.

Es ist beachtenswert, daß experimentelle Versuchsreihen, welche eine Anzahl von Seetierarten allmählich durch Zusatz von reinem Wasser zu den Aquarien ans Aussüßen zu gewöhnen versuchten, fast genau dasselbe Resultat ergaben, wie die Untersuchung in der freien Natur, Beweis genug, daß wirklich der Salzgehalt in erster Linie in Frage kommt. Von denselben Arten, (Mytilus, Balanus u. a.), welche am weitesten ins Brackwasser gehen, überstand der höchste Prozentsatz die allmähliche Aussüßung.

Im ganzen sind die Grenzen scharf, und der Charakter der Brackwasserfauna ist: wenig Arten in sehr vielen Individuen.

Für manche Tiere kommt aber mehr in Betracht, als bloß das Kochsalz; sei es, daß die übrigen Salze des Meeres dabei von Einfluß sind, sei es, was wohl auf dasselbe hinausläuft, daß dabei der frühere Schöpfungshergang durch Vererbung noch jetzt die Auswahl bestimmt. Von Tausend-

füßern lebt keine Art im Süßwasser, wohl aber gehen einige Skolopender am Strand ins Meer und verbringen die Flutzeit unter dem Wasser. Eine Reihe von Insekten, besonders Käfern und Zweiflüglern, auch Forficuliden, verlangt Salzboden und zwar meist unterschiedslos am Strande des Meeres oder an Salzseen und Salzquellen. Andere dagegen vermeiden den Seestrand und beschränken sich auf salzige Binnengewässer; so von den Oligochäten wohl Pachydrilus, namentlich aber die Phyllopoden, besonders die Branchiopoden Apus, Branchipus, Artemia u. a., also die altertümlichsten Krebse schlechthin, welche zwar im Ertragen von Kochsalz zum Teil viel mehr leisten, als irgend ein Seetier und allein noch im stande sind, in so salzreichen Gewässern, wie das Tote Meer oder der Urmiah-See, auszuhalten, die aber gleichwohl strenge Meeresverächter sind, vielleicht Beweis genug, die Krebse vom Süßwasser, bezw. vom Lande abzuleiten (s. o. II).

Diese Tiere bieten zugleich eins der besten Beispiele für Umbildungen, deren Ursache wir begreifen können. Der Branchipus des süßen Wassers läßt sich durch Salz in die kleinere Artemia salina des Salzwassers überführen und umgekehrt, also eine Form in eine andere, deren Verschiedenheiten zur Aufstellung einer neuen Gattung geführt hatten. Der Hergang läßt sich so verstehen, daß die salzreiche Atemia im Süßwasser durch Endosmose Wasser aufnehmen, der salzfreie Branchipus dagegen im Salzwasser Wasser abgeben muß, woraus die Größenunterschiede sich ergeben. Die Formdifferenzen, die auf relativ verschiedene Länge der Gliedmaßen und der Bedornung hinauslaufen, müssen dann auf die verschiedene Widerstandsfähigkeit der

Haut gegen Dehnung oder Schrumpfung zurückgeführt werden. Damit aber haben wir zugleich das Verständnis für die Schwierigkeit des Wechsels überhaupt, sie liegt in der Aenderung des osmotischen Drucks, wobei die verschiedenen Gewebe allerdings verschieden beeinflußt werden können. Marine Amöben, ins Süßwasser übertragen, nehmen so viel Wasser auf, daß an Stelle der einfachen pulsierenden, abscheidenden Vakuole, deren eine Anzahl auftritt, die schließlich der Masse auch nicht mehr Herr wird. Bei Anneliden (Kapitelliden) mit roten Blutzellen sind es die letzteren, die bei plötzlicher Uebertragung leiden und durch Osmose ihr Hämoglobin verlieren, woraus der Untergang folgt.

Kiesel und Kalk. Wie es scheint, ist namentlich der Kalk in mehrfacher Hinsicht mit dem Salz verquickt und von ihm abhängig. Auf den untersten Stufen des Tierreichs halten sich Kieselsäure und kohlensaurer Kalk als Skelettmaterial ungefähr die Wage, die Kieselsäure liefert die zierlichen Gerüste der Radiolarien mit ihren durchbrochenen Schalen, ihren Achsenstäben und ihrem feineren Balkenwerk; dazu die oft außerordentlich schönen Skelette der Kieselschwämme, unter denen die Hexaktinelliden der Tiefsee die erste Stelle einnehmen. Im Süßwasser haben wir von beiden Gruppen spärliche Vertreter, die Spongillen und die Heliozoën. Auf höherer Stufe tritt die Kieselsäure gleich sehr zurück, viel stärker noch als im Pflanzenreich, bei dem sich gleichwohl eine mit der Höhe der Organisation zurücktretende Abnahme ergiebt (von den Diatomeen durch die Schachtelhalme bis zu den Dikotylen). Spuren lassen sich selbst noch in der Vogelfeder nachweisen.

Dafür tritt Kalk ein, bei den höheren Wirbeltieren hauptsächlich als Phosphat, bei den niederen immer mehr als Karbonat und zwar wechselnd als Aragonit oder als Calcit, was biologisch kaum einen Unterschied machen dürfte. Im Blut scheint der Kalk auch bei niederen Tieren vorwiegend als Phosphat aufgelöst zu sein und daraus als Karbonat niedergeschlagen zu werden.

Es kann nun als Gesetz gelten, daß alle animalische Kalkbildung im Seewasser viel leichter vor sich geht als im Süßwasser.[1] Das ergiebt sich zunächst aus der viel größeren Zahl von Kalkskeletten im Meere, denen im Süßwasser vielfach kalkarme oder kalkfreie gegenüberstehen.

Im Meere die massenhaften Korallen und Kalkschwämme ohne potamophile Parallele, die sämtlichen Stachelhäuterskelette, die marinen Bryozoen größtenteils mit Kalk-, die fluviatilen nur mit Chitinskeletten[2], die dicken Schnecken- und Muschelschalen des Meeres, gegenüber den dünneren der Binnengewässer, bei denen zwar einige, wie die Flußperlmuschel, die sogar auf kalkarmem Urgebirgsboden lebt, recht dick werden, aber doch erst sehr langsam, im Lauf von Jahrzehnten. Im

[1] Bei den Pflanzen ist's eher umgekehrt. Dem marinen Kalkalgen stehen die kalkreichen potamophilen Characeen gegenüber. Im Meere herrschen Chloride und Sulfate vor, im Süßwasser ist der Kalk als Bikarbonat gelöst. Da aber die Pflanzen Kohlensäure verbrauchen, so wandeln sie das Bikarbonat in das einfache Karbonat um, das sich auf ihnen niederschlägt und sie inkrustiert (Kalktuff).

[2] Unter den Süßwasserbryozoen gehört Paludicella systematisch den marinen zu, sie ist ein späterer Einwanderer, übersteht auch den Winter nicht durch Statoblasten, sondern zieht sich in sessile Winterknospen zurück, die rings von einer harten Kapsel umschlossen sind. Die Kapsel enthält Kalk.

Brackwasser werden die Schalen mariner Muscheln auffallend dünn und zerbrechlich, wie Mytilus und Cardium in der Ostsee. Bei den Knochenfischen wird weniger das innere Knochengerüst, das in der Konstitution viel mehr gefestigt erscheint, beeinflußt, als die mancherlei Stacheln und Dornen des Außenskeletts, des Kiemendeckels, der Flossenstrahlen, was dem Unterschied zwischen Artemia und Branchipus entspricht (s. o.). Die Stachelflosser bevorzugen das Meer und von den barschartigen sind die marinen besser bewaffnet als der Flußbarsch; unsere Stichlinge bilden zwei Varietäten aus, trachurus und leiurus, mit stärker und schwächer bewehrten Seiten. Die kräftigere Form lebt dem Meere näher, die mit kalkärmerem Hautskelett mehr im Binnenlande. Die Kalkablagerungen an den Seiten des Flußkrebsmagens zwischen Muskelhaut und chitinöser Auskleidung, die sogenannten Krebsaugen oder Krebssteine, kommen bekanntlich bei der Häutung, wenn auch die innere Chitinhaut mit abgestoßen wird, in den Magen, werden aufgelöst und ins Blut aufgenommen; und wenn auch die Masse des Kalks sicher nicht entfernt hinreicht, um den Gesamtbedarf der neuen Schale zu decken, so dürfte doch zunächst, um den Ausdruck zu gebrauchen, der Kalkdruck des Blutes gesteigert werden, um die Ablagerung in Gang zu bringen; und so erklärt sich's, daß die Krebssteine beim Flußkrebs stärker angelegt sind, als bei den verwandten Dekapoden des Meeres. Unter denselben Gesichtspunkt gehört die Entwickelung unserer größten Süßwasserschnecke, der Paludina, und der Süßwassermuscheln. Von diesen hat bloß der jüngste Einwanderer, Dreissensia polymorpha, noch die freischwimmende, mit einem Segel versehene Larve.

Paludina und die kleinen Kugelmuscheln oder Cykladen sind lebendiggebärend, indem die erstere die Jungen im Eileiter, die Cykladen in Brutbehältern der Kiemen aufziehen, bis sie die definitive Gestalt angenommen haben. Die Unioniden oder Najaden aber nehmen ihre kleinen, kugeligen Larven oder Glochidien anfangs ebenfalls in die äußere Kieme, stoßen sie aber aus, sobald ein Fisch oder eine Quappe in der Nähe ist. Ein klebriger

Figur 24. Glochidium oder Larve einer Malermuschel.

Faden, den jede Larve aussondert, läßt diese teils in Klumpen zusammenhalten, teils bewirkt er das Anhaften am darüberstreichenden Fische. Der zahnartige Vorsprung am freien Rande der beiden zusammenschlagenden Klappen vermittelt eine solidere Befestigung, und nun sehen wir die Jungen für einige Monate in Hautcysten am Fisch, besonders an den blutreichen Kiemen oder an Flossenstrahlen; und diese letzteren

werden angegriffen, wohl Beweis genug, daß die ganze Erscheinung der Brutpflege und des Parasitismus den Zweck hat, zunächst die Kalkablagerung in der Schale in Gang zu bringen.

Das Eisen. Das Farbmittel des Landes, das dem Meere beinahe fehlt, den Flüssen dagegen unausgesetzt zugeführt wird, ist das Eisen. Dem Kalk steht es insofern an der Seite, als das Ferro-Karbonat durch einen Ueberschuß von Kohlendioxyd wieder gelöst wird. Dafür aber hat es den bedeutsamen Wechsel der chemischen Valenz, der die löslichen Oxydalsalze jederzeit unter Luftzutritt als Oxydhydrat niederzuschlagen bestrebt ist.

Dieser Niederschlag, der in stärker eisenhaltigem Wasser bereits als ockeriger Ueberzug des Bodens, zumal am Ufer auftritt, scheint auf der Oberfläche des Tierkörpers besonders leicht, schon bei ganz schwachem Eisengehalte, sich zu vollziehen, um hier zur Festigung der Haut beizutragen, indem er vielleicht mit dieser eine wirkliche Verschmelzung eingeht, organisch durch Diffusion mit dem Integument verbunden. Er dient als Schutz- und Festigungsmittel. So ist die Byssusdrüse und der Byssus von Mytilus und Dreisensia reich an Eisen, und der letztere hat wohl das Metall noch nach der Sekretion aus der Drüse aufgenommen.

Sehr klar wird der Ueberzug demonstriert an den Schwimmfüßen eines Astacus-Weibchens; hier sind die Eier und ihre Stiele durch eine Hülle von Eisenrost, die sich auf die Pleopodensegmente fortsetzt, gefestigt, so gut wie die Borsten der Endglieder. In dieses Kittsekret hat aber der Krebsegel, Branchiobdella parasita, seine Eier mit eingearbeitet. Phryganidenlarven und Gama-

riden haben eine ähnliche, äußerlich aufgelagerte Hülle an den exponierten Körperstellen, wenn sie in eisenreichen Gewässern leben.

Aber auch die Hüllen gesellig lebender Protozoen, Vorticella, Carchesium, sowie die Gehäuse der Vaginicola, mit denen sie an den Kiemen von Astacus und Asellus angeklebt ist, sind eisenhaltig.

Dafür, daß das Eisen durch die Haut resorbiert wird, sprechen wohl die Tiere, deren Integument die Respiration übernimmt, Cyklops, manche Würmer, Hydra, die Protozoen. Daß es nicht bloß an das Blut gebunden ist, beweisen Protozoen, Spongillen, Turbellarien, die alle das Schwermetall enthalten.

Bei höheren Tieren besorgen Darm und Leber die Aufnahme, die Speicherung erfolgt im Bindegewebe. Das Blut, die Blutkörperchen, die Eier, z. B. der Schnecken, enthalten es zum Teil sehr reichlich. Es wird wieder ausgeschieden durch die Haut, in deren Bedeckungen es sich anhäuft, und wahrscheinlich auch durch die Leber, die bei Wirbeltieren, Mollusken, Krebsen ein wahres Speicherorgan ist. Die meisten Gewebe enthalten es, nur Muskel und Nerv sind eisenfrei. Knorpel und Knochen der Fische sind reich daran, bei Weichtieren (Limnaea, Planorbis, Helix) findet man's im Bindegewebe der Muskeln, bei Unioniden, Oligochäten und Klepsine ist das Mesenchym außerordentlich eisenhaltig. Die festigende Wirkung tritt hervor in den Eihüllen der Daphniden, den Eierfäckchen der Copepoden, den Cocons limicoler Oligochäten, den Gemmulis der Spongillen, der Cuticula von Bryozoen und

Hydroidpolypen, in den Kiemenstäbchen, in dem Periost der Muscheln, in der rostroten Vorderseite der Schneidezähne mancher Nager, doch haben auch die Fischzähne besonders nach der Spitze zu ihren Eisengehalt.

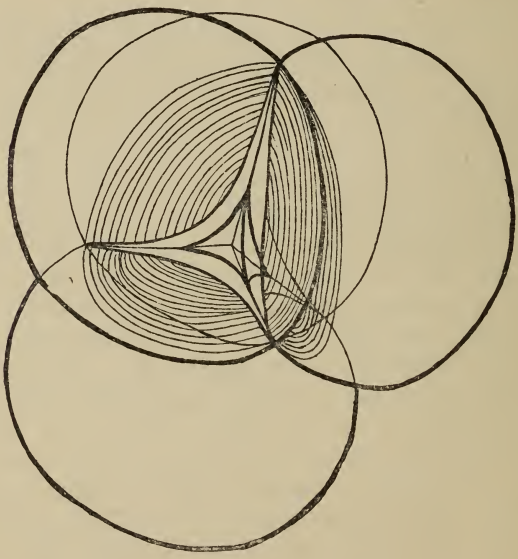
Besonders reich ist dieser Eisengehalt bei Süßwasser- und Höhlenbewohnern, Landasseln und Landschnecken; die Insekten sind fast frei davon. Im Meere tritt es zurück; das wird am klarsten, wenn man verwandte Formen vergleicht. Astacus ist viel reicher als Homarus oder andere marine Dekapoden.

Manches spricht dafür, daß schon die Eisenoxyde als Sauerstoffüberträger bei der Respiration benutzt werden; so können die grünen Algen, welche in Protozoen und Hydren (Stentor, Hydra viridis) den Sauerstoff liefern, ganz oder zum Teil durch Eisenoxyd ersetzt sein; die hohen Eisenmengen im Bindegewebe der so leistungsfähigen Muskulatur der Schnecken und Muscheln mit ihrem Sauerstoffbedürfnis legen den Gedanken nahe, daß sie direkt als Sauerstoffquelle benutzt werden; und endlich zeigt die Entstehung der roten Blutkörperchen aus Bindegewebe und seinem noch indifferenten Vorläufer, dem Bildungsgewebe der Jugendformen, den Weg, wie das Hämoglobin zum wesentlichen Atmungsstoff des Blutes geworden ist.

Vermutlich wird man so weit gehen dürfen, allen oder doch den meisten auch von jenen Seetieren, welche Hämoglobin besitzen (manche Polychäten, Mollusken und alle Fische und Säuger) einen terrestrischen oder fluviatilen Ursprung zuzusprechen, während umgekehrt die Insekten wahrscheinlich nicht aus dem Süßwasser, sondern aus dem

Meere direkt entstanden sind bezw. dort ihre unmittelbaren Vorfahren hatten.

Anhang. **Skelettbildung.** Außer Kiesel und Kalk tragen noch stickstoffhaltige Abscheidungen des Körpers zur Erzeugung eines Skelettes und zwar eines dermalen bei, das Conchin bei Mollusken, Chitin bei Anneliden und Arthropoden, hornartige Stoffe (Schildpatt) bei Vertebraten; dazu die ersten Abscheidungen bei Protozoen als Cysten im ruhenden Zustande oder als Gehäuse bei Rhizopoden, oft mit Fremdkörpern,



Figur 25. Vier Blasenzellen, in deren Schnittkanten sich ein Vierstrahler gebildet hat.

Sand- oder Erdkörnchen, verklebt (Difflugien) und bei Infusorien (Tintinnen). Der Kalk tritt bei einzelligen ebenso als durchbrochene Zellmembran auf (Foraminiferen). Das Kieselskelett der Radiolarien ist, wie das Kalkgerüst niederer Metazoen, nach einem anderen Typus gebaut. Entweder Plasmaalveolen oder Zellen stoßen nach mechanischem Zwange in denselben Flächen zusammen, wie die Luftblasen irgend eines Schaumes. In den Kanten wird das harte Material abgelagert, in den Ecken laufen die Stäbe zusammen, so daß meist Vierstrahler herauskommen. Das ganze Radiolariengerüst läßt sich so auffassen.

Bei Metazoen kommt ein ebenso gebautes Gerüst unterhalb der Oberhaut ursprünglich bei seßhaften Tieren zu stande, denen es Stütze und Schutz gewährt, ist also, da die Sessilität namentlich der Brandungswelle in der Gezeitenzone ihre Anregung verdankt, ein Produkt dieser Region, so bei Schwämmen und Korallen; ebenso aber auch bei Echinodermen, die ihre Kalkmassen der Sessilität der Vorfahren verdanken und, da sie dieses Schutzmittel nicht aufgeben mochten, selbst in ihren entwickeltesten Zweigen langsam und schwerfällig geblieben sind. So ist auch die schützende Ablagerung von Kalkspikulis in der Cutis von Hinterkiemern, namentlich Doriden zu verstehen; die Tiere sind ebenso träg und verändern ihren Körperumriß sehr wenig. Unter den Cölenteraten entsprechen die Zoantheen den Korallen, aber ohne Kalk. Dafür nehmen sie Fremdkörper, Sandkörnchen u. dergl. in ihr Mesoderm auf.

Innerhalb der Gezeitenzone wurde ein äußerer Schutz neben der Befestigung am Boden doppelt nötig,

gegen die Wucht der Brandungswelle und gegen das Austrocknen zur Zeit der Ebbe. So sind, an seßhaften Formen, die Außenskelette der Hydroiden und Bryozoen entstanden, und bei fest angesaugten, die Rückenschale der Schnecken; wahrscheinlich gehört auch die zarte Chitinhaut der Anneliden hierher, die allerdings in mancherlei Schuppen und Borstenbesatz schon kräftig hervortritt.

Diese Hautskelette werden verstärkt bei der Auswanderung aufs Land. So bildete sich das Chitinskelett der Arthropoden, das nunmehr die schärfere Gliederung auch der Extremitäten notwendig machte, zur Ermöglichung der Bewegung. Schon bei den Protisten läßt sich der gleiche Zug wahrnehmen, Rhizopoden, Difflugia z. B. haben auf dem Lande zwischen Moos ein derberes, mehr gebräuntes Schälchen als im Wasser.

Wahrscheinlich sind auf die gleiche Ursache auch die Wirbeltiere zurückzuführen, die in direkter Linie bei den alten Panzerganoiden, bei gepanzerten Amphibien (Stegocephalen, Epicrium), bei Reptilien durchweg einen Hautpanzer aufweisen. Er ist rückgebildet in Seitenlinien (Amphioxus, Petromyzonten, Molchen und Fröschen) durch Rückwanderung ins Feuchte oder direkt ins Wasser. Hie und da sind in diesen Nebenlinien schon wieder einzelne Hornbildungen aufgetreten, als Krallen beim Krallenfrosch (Dactylethra) und beim japanischen Krallenmolch (Onychodactylus). Kompliziertere Bildungen finden sich bei den höheren bald als Krallen, Nägel und Hufe, Reptilien (Vögel und Säuger), bald als hornige Hautdecken, die meist von Kalkteilen unterlagert sind (Panzer der Krokodile und Schildkröten, der Gürtel-

und Schuppentiere). Während das zusammenhängende Hautskelett der Gliedertiere und Reptilien für die Vergrößerung des Tieres im Wachstum ein zeitweiliges Abstoßen, eine Häutung, verlangt, haben die späteren Fische, namentlich die meisten Knochenfische, einzelne Schuppen in besonderen Hauteinsenkungen oder Schuppentaschen ausgebildet.

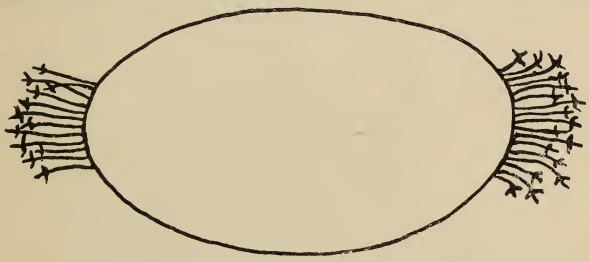
Bei den Wirbeltieren geht wohl auch infolge des Landlebens zur Stütze des Körpers mit der Entwickelung der Extremitäten die Entwickelung eines inneren Skelettes Hand in Hand, zunächst als Chorda dorsalis, weiter mit knorpeliger Verstärkung und daraus folgendem Zwange der Auflösung in einzelne Wirbel, schließlich als ein aus Knochen und Knorpel zusammengesetztes kompliziertes Gerüst, das in allmählicher Steigerung namentlich die Gelenkflächen immer vollkommener ausbildet und höhere Bewegungsformen ermöglicht.

Wie die erste Kalkablagerung mechanischer Spannung in den Kanten dünner Häutchen folgt, so läßt sich weiterhin häufig direkte Abhängigkeit des feineren Baues, nicht bloß (wie selbstverständlich) des groben Umrisses, von mechanischen Anforderungen verfolgen. Auf niederer Stufe lagert sich der Kalk oft noch in deutlicher Anlehnung an die anorganische Rhomboëderform ab und in den einzelnen Platten oder Asseln der Echinidenschale ist er so orientiert, daß die Kryställstäbe oder -Fasern in der einen zu denen der benachbarten sich in Zwillingsstellung befinden. Im Schneckenhaus und in der Muschelschale hat man (von der welligen, inneren Perlmutterschicht, die mehr bei altertümlichen Formen vorkommt, abgesehen) in der starken mittleren Prismenschicht eine Konstruktion von hoher mechanischer

Festigkeit. Das wesentliche ist, bei großem Wechsel der Anordnung im einzelnen, eine Durchflechtung verschiedener Prismenlagen unter rechtem Winkel, ähnlich wie die sich kreuzenden Träger und Gurtungen einer Eisenkonstruktion, nur dichter. Bei höheren Tieren, speciell Vertebraten, schreitet die Durchdringung von Kalk mit organischer Grundmasse so weit vor, daß von Krystallgefüge nichts mehr zu sehen ist. Das mechanische Prinzip bleibt aber dasselbe, die Knochenbälkchen an den Enden der Markhöhlen der langen, zu vermehrter Tragkraft und Leichtigkeit hohlen Röhrenknochen schneiden sich unter den entsprechenden Kreuzungen, daß sie mit geringster Masse maximale Leistungsfähigkeit verbinden; ja wo infolge von Verletzungen und Knochenbrüchen sich eine abnorme neue Gelenkfläche herausbildet, da ordnen sich die Knochenblättchen allmählich nach der neuen Zugrichtung, indem überflüssig gewordenes Material entfernt und neues angefügt wird.

Zu den Skeletten kann man schließlich die Eischalen und deren Hüllen rechnen. Für die **Eischale** herrscht dasselbe Gesetz, daß sie mit Chitin und Kalk verstärkt ist je nach Bedarf, vorwiegend als Mittel gegen Trocknis, in zweiter Linie zu größerer mechanischer Festigung. Letztere Bedeutung gilt wohl für die Eier der Schmarotzer (Bandwürmer, Spulwürmer u. a.), welche mancherlei Schicksale und Wanderungen durchzumachen haben. Die Eier der Wassertiere, besonders der marinen, sind meist viel dünnschaliger als die der terrestren. Als Beispiele kann man bei Weichtieren die zartschaligen Muscheleier, den Laich der Hinterkiemer und der Süßwasserpulmonaten, Limnäen und Planorben, anführen gegenüber den Eiern der Landschnecken, die eine um so festere

Kalkschale bekommen, auf je trocknerem Boden das Tier lebt, so daß die Gehäuseschnecken derbere Eischalen haben als die nackten, und unter jenen wieder die dickschaligen Heliciden und Achatinen besonders sich auszeichnen; die Seekrebse haben meist dünnere Eischalen als die Insekten, die Fische und Amphibien dünnere als die Reptilien und schließlich in höchster Instanz die Vögel, die des Fluges wegen, um nicht beschwert zu sein, nur je ein Ei auf einmal ablegen, das sie daher für längeres Freiliegen um so besser ausstatten müssen. Bei den Fischen machen die hartschaligen Eier der Quer- und Rundmäuler eine auffallende Ausnahme, bald als Seemäuse (Eier von Plagiostomen) mit vier langen Zipfeln, die sich

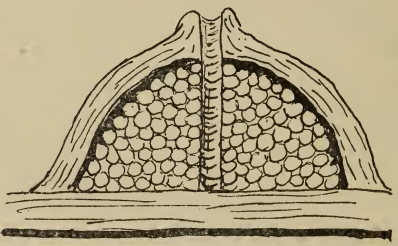


Figur 26. Ei von Myxine glutinosa (vergrößert).

um Fremdkörper, Pflanzen, Korallen wickeln, bald wie bei manchen Haien, schraubig gedreht, bald wie bei den Myxiniden, oval und an den Polen mit Bündeln pfeilförmiger Spieße zum Verankern.

Zu diesen Skelettbildungen gehören weiterhin die **Hüllen**, welche teils die Eihaufen, teils die Tiere selbst zum Schutz erwerben. Im Wasser sind am auffallendsten die mancherlei Cocons, welche die Eier der Vorderkiemer einschließen,

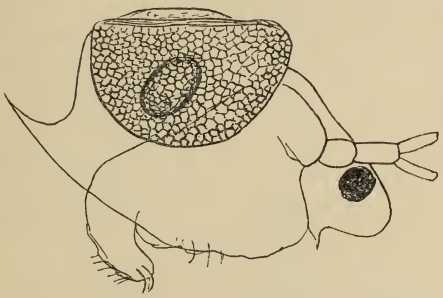
bald harte Eikapseln in ungeregelter Ordnung, wie etwa bei den Neritinen oder den Buccinoiden, bald zierlich um eine Axe gestellt, wie bei Pyrula und Murex, bald aus zusammengekitteten Sandkörnchen schüsselförmig verklebt, so daß die Eikapseln in die Wand des großen Napfes eingebettet sind (Natica). Wenn hier Ausscheidungen des Fußes die mechanische Schutzhülle liefern, so wirken auf dem Lande ähnliche Sekrete als Trockenschutz, für Eier, Brutknospen oder ganze Tiere, unter den allerverschiedensten Modifikationen. Die Eier des medizinischen Blutegels liegen in der Nähe des Wassers in der Erde, in einem Erdcocon; ähnlich die der Regenwürmer. Die Myriopoden, speciell die Diplopoden, bergen entweder je ein Ei in eine solche Erdkapsel (Glomeris) oder einen



Figur 27. Eihaufen von Julus fallax (im Querschnitt).

Eihaufen, in dem sie die Erde schnell durch den Darm treiben und mit Schleim gemengt Häufchen für Häufchen um und über die Eier ordnen, wobei eine schornsteinartige Lücke die nötige Atemluft hereinläßt (Julus). Die Insekteneier sind vielfach durch Kittsekrete zu harten Cocons oder Dotheken zusammengefaßt, bei Schaben, Feld- und Gespenstheuschrecken, beim Ringelspinner,

bei anderen, wie beim Goldafter, durch die abgestreiften und verklebten haarförmigen Afterschuppen bedeckt und geborgen. Einige Landfrösche der Tropen hüllen die Eier in ein erst erhärtendes, nachher verflüssigtes Sekret. Bei Tardigraden dient die abgestreifte Haut der Mutter, in die sie unmittelbar während und nach der Häutung die Eier legt, als Schutz, bei Schildläusen der abgestorbene Leib der Mutter selbst. Die Daphniden bereiten für ihre Dauer- oder Latenzeier, die schon, wie die der Hydren, Rotatorien u. a., durch eine stärkere Eischale gegen Aus-

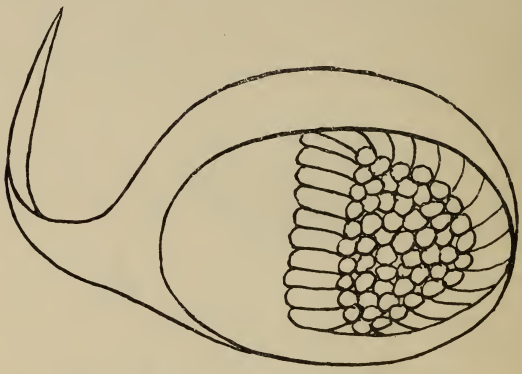


Figur 28. Ephippium eines Wasserflohs, mit Winterei. Das abgestorbene Tier hängt noch daran.

trocknen und Kälte geschützt sind, noch eine besondere feste Kapsel aus einem Teil ihrer Rückenhaut, dem Sattel oder Ephippium. Andere machen lockere Fadensekrete, wie die Spinnen, ebenfalls als Kälte- und Trockenschutz. Man kann die Sekrete anreihen, die meist aus erhärtetem Speichel bestehen und die Puppe beschützen, besonders bei Hautflüglern (Ameisen, Hummeln, Blattwespen, Brakoniden) und Schmetterlingen, zumal Spinnern, hier bisweilen in auffälliger Schutzform und Schutzfarbe;

die Tagfalter haben dieses Cocon wieder auf einen einfachen Gürtelfaden, der sie bei Windstößen sichert, reduziert.

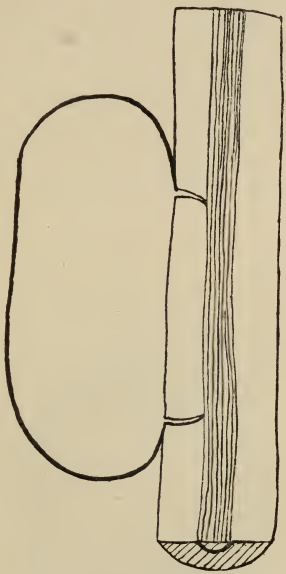
Hier schließen sich Ei- und Puppencocons im Süßwasser an, bestimmt, um den Inhalt gegen das Wasser zu schützen, also bei rückgewanderten Tieren. So



Figur 29. Schwimmende Eikapsel von Hydrophilus.
(Die Vorderseite ist weggeschnitten, man sieht die Eier im Innern.)

setzt Hydrophilus seine Eier in einen rings geschlossenen Kahn, dessen Schnabel über die Oberfläche herausragt, ab. Den Bauch an die Unterseite eines schwimmenden Blattes angedrückt, entleert der Käfer aus vier aus dem Hinterleibe hervortretenden Röhren Sekretfäden, die zum Gespinst sich vereinigen und infolge der Hinterleibsbewegungen die gesamte Bauchfläche des Abdomens überziehen. Dann wird die gesponnene Schale durch Umdrehen auf den Rücken genommen und eine neue gesponnen. Beide werden an den Rändern vereinigt. Jetzt werden die Eier von hinten her reihenweise

abgelegt, indem der Käfer allmählich nach vorn herausrückt. Schließlich wird vorn ein gewölbter Deckel mit nach oben gekehrter Spitze dazu gesponnen; da hinter diesem ein Luftraum bleibt, wird der Kahn in der richtigen Schwebe gehalten. Bei den Rohrkäfern (Donacia), deren Larven an Seerosenwurzeln fressen, ruht die Puppe in einem

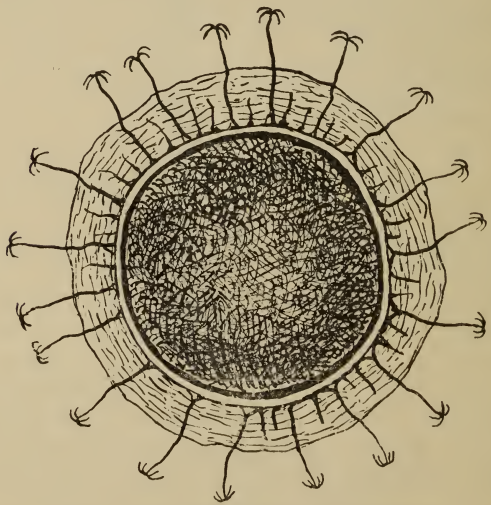


Figur 30. Puppencocon von Donacia, an einer Nymphäenwurzel.

festen Cocon, das eben da festgesponnen ist und von den angebissenen Tracheen der Wurzel aus mit Luft gefüllt wird.

Als mechanisches Schutzmittel wirkt im Süßwasser der aus Halmen, Holzstückchen, Steinchen, kleinen Schnecken und

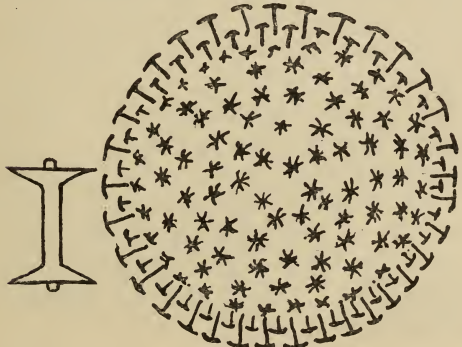
Muscheln zusammengesponnene Köcher der Phryganiden, dem ein ähnliches Gespinst mancher Schmetterlinge (Coleophoriden, Psychiden) auf dem Lande gegenübersteht. Eigentümlich ist, daß bei Phryganiden- und Psychidengehäusen dieselbe schützende Mimicry nach aufgewundenen Schneckengehäusen vorkommt. Wohl auch als Bergungsmittel benutzen manche Insekten Ueberzüge von Fremdkörpern, Reduvius, die Kehrichtwanze, hat davon ihren Namen, die Blattlauslöwen (Chrysopslarven) bedecken sich mit den Hüllen der ausgesaugten Opfer. Manche Blattläuse (Schizoneura), seltener Cicaden, hüllen sich in abgesonderte Wachsfäden. Die Einsiedlerkrebse nehmen, im Wasser und auf dem Lande, leere Schnecken-



Figur 31. Statoblast eines Bryozoon, Cristatella.

häuser als Schutz für ihren weichen Hinterleib, in der Tiefe des Ozeans auch untergesunkene Bambusstücke und auf dem Lande selbst Glasröhren, die zufällig weggeworfen wurden.

Als Mittel gegen Trocknis und Kälte und zugleich als mechanischer Schutz dienen die Hüllen mancher Brutknospen, die für Lufttransport bestimmt sind. Die Statoblasten der Süßwasserbryozoen sind in ihren aus zwei uhrglasförmigen Hälften verschmolzenen Chitinschalen durch eingeschaltete Luftblasen zum Schwimmen, durch angehängte Anker zur Verbreitung befähigt und durch die Festigkeit der Schalen gegen Austrocknen geschützt. Aehnliches



Figur 32. Gemmula eines Süßwasserschwammes. Daneben einer der Kieselkörper (Amphidiscus) Stärker vergr.

gilt von den Gemmulae der Süßwasserschwämme, deren Hüllen durch tangential eingelagerte Kieselnadeln oder durch radial gestellte Nadeln mit einer Scheibe an jedem Ende (Amphisdisken) gefestigt sind.

Als Trockenschutz dient das erhärtete Schleimcocon, in dem Testacella im Boden ruht. Die Landschnecken

schließen die Gehäusemündung durch einen Schleim- oder Kalkdeckel, der eine offene Stelle, ein Fenster, erhält für die Atmung, bei den großen Achatinen unter der Form eines schmalen Spaltes. Nach der Trockenzeit wird der Deckel einfach abgestoßen. Auch der Winterdeckel unserer Weinbergschnecke war wohl ursprünglich nur ein Trockenschutz.

In strengem Sinne gehört von den Wirbeltieren hierher der Erdkloß, in dem der afrikanische Lurchfisch, Protopterus, die Trockenzeit verbringt. Mit abnehmender Feuchtigkeit graben sie sich tiefer in den Schlamm; endlich gehen sie, in zusammengekrümmter Lage den Schwanz über den Kopf geschlagen, zur Schleimabsonderung über, so daß aus Thon und Schleim ein Klumpen gebildet wird, meist an einer Stelle unterbrochen durch ein aus erhärtetem Schleim gebildetes Rohr, das zur Atmung in den Mund führt.

Schließlich kann man noch dazu zählen die mancherlei verschließbaren Bauten, in denen viele Nager ihren Winterschlaf halten, und der madagassische Insektenfresser Centetes seinen Sommer- oder Trockenschlaf, das eingeschlossene Gespinst, indem die Drassiden oder Sackspinnen unter Steinen und Baumrinde den Tag über verbringen u. dergl. m.

VII. Die Wärme.

(Wahrnehmung der Wärme s. u. V.)

Die Organismenwelt ist in verhältnismäßig enge Temperaturgrenzen eingeschlossen, innerhalb deren sie allein gedeihen kann. Das Gedeihen jeder Tierart hängt wieder von einem besonderen Wärme-Optimum ab,

welches bei den einen, den stenothermen, in enge Schranken gebannt ist, bei den eurythermen jedoch nach oben und unten weit schwanken kann. Die Grenzen lassen sich künstlich nach oben und unten erweitern, so zwar, daß es eine untere kaum noch giebt. Doch tragen diese experimentellen Feststellungen zum Verständnis der tierischen Schöpfung nur mäßig bei, da Temperaturen von weniger als 100° selbstverständlich nicht vorkommen.[1] Die obere Grenze für Tiere wird gegeben in Thermalquellen, in denen Protisten bei wenig über dem Siedepunkte und Metazoen, besonders einige kleine Schnecken, bei 75° C. lebend gefunden sind. Gewöhnlich können Protisten nicht mehr als 60° und Metazoen nicht mehr als 40° dauernd ertragen; es tritt dann Wärmestarre ein. Daß hierbei natürliche Auslese und Gewöhnung wirksam sind, läßt sich experimentell beweisen. Kaulquappen, die bei 15° C. gehalten werden, verfallen durchschnittlich bei 40,3°, solche, die bei 25° gehalten werden, verfallen erst bei 43,5° C. in Starre. Auch geht eine solche Acclimatisation nicht sogleich wieder verloren. Denn auch nachdem jene an höhere Temperatur gewöhnten Quappen mehrere Wochen wieder in Wasser von 15° gehalten waren,

[1] Die Wirkung ganz niederer Temperaturgrade (bis —200°) äußert sich verschieden. Ein Hund hielt sich lange bei —92°, sogar mit erhöhter Lebensthätigkeit, bis dann plötzlicher Verfall eintrat. Süßwasserfische, bei —8 bis —15° langsam gefroren, lebten alle wieder auf; —20° waren tödlich. Frösche ertragen —28°, tot bei —30 bis —35°, eine Schlange —25°, tot bei —35°. Tausendfüßer ertrugen —50°, tot bei —90°. Eine Schnecke ertrug —110° und —120°, andere starben. Vogeleier starben ab bei —1°, Froscheier blieben bei —60° lebendig, Seidenspinnereier bei —40°, Rädertiere und Infusorien bei —60°. Bakterien, Sporen, Samen, Diatomeen blieben unverändert in flüssiger Luft bei —200°. Je niedriger der Organismus, desto widerstandsfähiger ist er gegen niedrige Wärmegrade.

verfielen sie immer erst bei 41,6° in Starre. Die Acclimatisation an höhere Wärme erfolgt wahrscheinlich durch verminderten Wassergehalt des Protoplasmas; daher ist hohe Wasserabsonderung und damit zunehmender Widerstand gegen Hitze ein notwendiger physiologischer Begleiter des Aufenthaltes in hohen Temperaturen.

Aehnliche Beziehungen herrschen an der unteren Grenze. Die Insekten, die bei +39° sehr lebhaft werden und bei 46 bis 47° sterben, erniedrigen ihre Temperatur mit der der Außenwelt. Die Bewegungen lassen nach, die Körperwärme sinkt gleichmäßig, bis —15° und weniger, dann steigt sie plötzlich, um darauf wieder gleichmäßig zu sinken. Das Steigen, der „Sprung", erreicht meist —1,5°. Sinkt die Temperatur dann wiederum bis zu dem kritischen Punkte, an dem der Sprung erfolgte, so tritt meist der Tod ein. Ein Ligusterschwärmer z. B., in Eis gelegt, nimmt erst im Laufe einer Stunde etwa die Temperatur des Eises an; nach weiterer Abkühlung bis auf etwa —7°, eine Nacht hindurch, lebt er bei Zimmertemperatur wieder auf. Abermals abgekühlt bis auf —9° zeigt er eine plötzliche Steigerung bis —1,7°, worauf er sich wieder abkühlt. Auch jetzt lebt er bei Zimmertemperatur wieder auf. Abermals abgekühlt zeigt er einen neuen Sprung, worauf es bei noch abermaliger Abkühlung auf —15° unmöglich ist, ihn wieder zum Leben zu bringen. Die Erklärung der Erwärmung beim Sprunge liegt in der bei der Erstarrung der Säfte freiwerdenden Wärme. Unter dem Schutze der Haut werden sie überkühlt, so daß beispielsweise das Innere einer Puppe noch weich sein kann, während es, herausgequetscht, sofort erstarrt. Beim Sprunge erstarren bloß die intercellularen Säfte, ohne das Protoplasma der Zellen selbst

zu gefährden. Bei neuer weiterer Abkühlung wird das Protoplasma selbst angegriffen, und der Tod tritt ein.

Für die Verschiedenheit der kritischen Punkte folgende Beispiele: Ameisen erstarrten bei 0°. Der Tod trat erst ein bei Einwirkung einer Kälte von —19° während einer halben Stunde, oder von —15° während 3 Stunden. Podura similata, 12 Stunden lang bei —11°, lebt bei langsamem Auftauen wieder auf und läuft davon, ebenso nach 10tägigem Gefrieren im Freien. Eine Wespe erstarrte nicht bei —15°. Als Geotrupes stercocarius in der Kälte erstarrt war, blieben die anhaftenden Milben (Gamasus coleopteratorum) noch ganz munter. Kohlweißlingspuppen leiden nicht bei —25°, Eier vom Brombeerspinner nicht bei —50°, Raupen vom Distelfalter nicht bei —15° ꝛc.

Der kritische Punkt wird nun beeinflußt durch den Wassergehalt.[1] Je länger ein Insekt gehungert hat, um so tiefer liegt er, ein wichtiger Faktor bei der Ueberwinterung. Ebenso sinkt er bei wiederholtem Einfrieren. Dabei tritt keine Ueberkühlung der Säfte mehr ein, sondern diese erstarren bald unter dem Gefrierpunkt.

Wasserkäfer suchen, mehr und mehr im Eis eingeengt, durch lebhafte Schwimmbewegungen sich zu erwärmen, bis sie vollständig eingeschlossen werden.

Daß auch Regenwürmer, Fische und Frösche die Kältestarre und das Ausfrieren ertragen, ist bekannt. Von Meerestieren kann die Ohrenqualle, Aurelia,

[1] Die Parallele dazu bildet Eieralbumin. Seine Lösung im Wasser gerinnt bei 56° bis 57° C. Mit 25% Wasser gerinnt es bei 74° bis 80°, mit 18% bei 80° bis 90°, mit 6% bei 145°, das wasserfreie erst bei 160° bis 170°.

ohne Schaden im Eis eingeschlossen werden, so gut, wie die Mollusken des Süßwassers. Ganz specielle Anpassung zeigen in dieser Hinsicht die mannigfachen niederen Tiere, welche, eigentlich auf das Wasser angewiesen, im Moos eine terrestrische Lebensweise führen, Tardigraden, Anguilluliden, Rotatorien und eine Anzahl Protisten. Amoeba terricola z. B. lebt wieder auf, nachdem man sie im Uhrschälchen bei —18° einfrieren ließ, während die Amoeba proteus unserer Gewässer sogleich durch Platzen des Plasmas getötet wird.

In mehrfacher Hinsicht deckte sich hier die Wirkung der Temperatur mit früher unter anderem Gesichtspunkt erwähnten Einflüssen. Dasselbe Skelett, das auf dem Lande als Trockenschutz erworben wurde (s. o.), schützt gegen Kälte. Der Kalk, der im Süßwasser so viel schwerer abgelagert wurde als im Meer, ist ebenso abhängig von der Wärme, so daß seine Abscheidung von der Kälte beeinträchtigt wird. Unsere Flußmuscheln fahren im Winter mit der Conchinbildung auf ihren Schalen fort, unterbrechen aber die Kalkabsonderung, daher eine Art Jahresringe zu stande kommt. Auf hohen Gebirgen und im hohen Norden haben die Landschnecken im Durchschnitt dünne und zerbrechliche Gehäuse, und im Meere gehören die schwersten Weichtierschalen den Tropen an. Die Riffkorallen, welche die ungeheuren Kalkmassen erzeugen, beschränken sich auf Wasser von mindestens 20° C., so daß sie horizontal an die Tropen, vertikal an die obersten Wasserschichten gebunden sind und nirgends über einige hundert Meter Tiefe nach unten zu leben vermögen.

Ebenso natürlich ist es, daß lebhafte Farben mit hoher Lichtfülle und daher mit tropischer Wärme Hand

in Hand gehen, daher unter dem Gleicher die Zahl auffallend bunter Tierarten am größten wird; und zwar gilt das für das Land wie für das Meer, für letzteres allerdings in geringerem Maße. Denn wenn auch die Korallenriffe mit der darauf lebenden Tierwelt das Maximum von Farben darstellt, so fehlt es doch weder den kalten Polarmeeren noch den abyssischen Abgründen an grellen Tönen.

Dagegen bewirkt die Kälte durchweg eine Auswahl unter den Tieren, von der Tiefe des Ozeans abgesehen. Je wärmer eine Provinz des Landes oder Meeres, desto größer ist die Anzahl der sie bewohnenden Arten, je kälter, desto geringer. Dafür nimmt die Anzahl der Individuen derselben Art zu, so daß die absolute Masse der tierischen Produktion keineswegs in die Tropen fällt, sondern wahrscheinlich in die kalten Teile der Erde; allerdings im und am Meere, da das Land nicht die genügende Pflanzenmenge erzeugt. Die Schwebflora und -fauna oder das Plankton ist nirgends größer, als in den borealen Meeren, daran anschließend die Herdenfische (Heringe, Schellfische, Dorsche ꝛc.), die Wale, im Gefolge der ersteren die Seevögel mit ihren überreich bevölkerten Nistplätzen auf Klippen und Inseln, den bekannten Vogelbergen.

Ganze Gruppen von Tieren werden lediglich durch die Temperatur in verschiedene Zonen gebannt. Im Meere beschränken sich außer den Riffkorallen die Schwimmpolypen oder Siphonophoren, die Kielfüßer oder Heteropoden, die pelagischen Hinterkiemer (Glaucus, Phyllirrhoe), die Janthinen, alle pelagischen Vorderkiemerlarven, die Feuerzapfen oder Pyrosomen auf die Warmwassergebiete, dazu natürlich eine Unzahl

kleinerer Gruppen, Gattungen oder Arten; ihnen stehen als größere Kaltwassergruppe besonders die Pteropoden gegenüber, besonders die nackten, zum mindesten Formen, wie Clione, das Walfischaas. Beide Gruppen sind stenotherm, wie überhaupt die Temperaturschwankungen am meisten durchgreifen.

Auf dem Lande ist die Auswahl, entsprechend den größeren Gegensätzen, viel stärker. Als Klassen sind eurytherm nur die Vertreter der Mikrofauna, Protozoen, Würmer, die meisten Krebse, Myriopoden, die von Anfang an ungeflügelten Insekten oder Apterygoten, sodann die geflügelten Insekten, mit ihnen die Vögel und der andere höchste Zweig der Tierwelt, die Säuger. Von den Reptilien beschränken sich die großen Panzerechsen und Riesenschlangen auf die Tropen und das Gros verarmt bald nach den Polen zu, ebenso die Amphibien, von denen die Molche allerdings gemäßigtes Klima bevorzugen. Die Landpulmonaten nehmen nach dem Aequator zu, noch viel mehr die Landdeckelschnecken, die in Hinterindien z. B. jene an Artenzahl weit übertreffen. Von den Spinnen sind alle die altertümlichen Gliederspinnen, die Skorpione, die Solpugen, Phryniden, Telyphoniden Wärmeformen, ebenso und im Anschluß daran in der Litoralzone des Ozeans die Molukkenkrebse, zehnfüßigen Landkrebse, Landkrabben und Palmendiebe, die Landblutegel, die Landplanarien so ziemlich, so daß wir in unserem Rhynchodemus nur einen kümmerlichen Vertreter haben.

Eine merkwürdige Wirkung der Wärme ist die Verwischung der scharfen Grenze zwischen Land

und Wasser in den Tropen. Eine Menge Meerestiere der Litoralzone gehen landeinwärts und mischen sich unter die Landfauna, Amphipoden, Weichtiere, Einsiedlerkrebse und Neriten besteigen die Bäume ꝛc.

Das Süßwasser zeigt vielleicht das höchste Gleichmaß, das allerdings zum Teil auf Täuschung beruht infolge der vorherrschend düsteren, gleichmäßigen Färbung seiner Bewohner. Auch in ihm nehmen die Formen nach den Tropen hin zu, sowohl an eigentümlichen Gestalten, als in Bezug auf marine Einwanderer. Eigentümlich sind viele Fische (Chromiden, Characiniden, Zitteraal und Zitterwels, Ophiocephaliden und vor allen Dingen die Lurchfische oder Dipnoer), Ampullarien, Melanien. Die rhabdocölen Strudelwürmer dagegen wiegen in gemäßigten Zonen vor, und der kalten fehlt es nicht an besonderen Fischen, wobei die Lachse allen voranstehen. Die Infusorien sind am zahlreichsten im Frühling und Herbst zu finden.

Die gemäßigte Zone bevorzugen die Köcher- und Eintagsfliegen, die Phryganiden und Ephemeriden; es ist wahrscheinlich, daß die Anpassung von Kerbtieren an das Wasser erfolgt ist, um in höheren Breiten die Winterkälte zu vermeiden; denn den Winter verleben diese Tiere unterhalb des Eises als Larven. Vermutlich hängt auch die vollkommene Metamorphose der Insekten mit der Temperatur zusammen, die Puppe als Ruhezustand ist eine Accommodation entweder an die Winterkälte oder, in wärmeren Klimaten, an die Trocknis, beides in weiterer Abhängigkeit von der unterdrückten Vegetation und daraus folgendem Nahrungsmangel.

Für die nördliche gemäßigte Zone sind unter den höheren Tieren die Waldhühner, Auer-, Birk-, Haselhuhn, besonders charakteristisch. Das Schneehuhn führt in die kalte Region über, sei's unter nördlichen Breiten, sei's auf den Höhen der Alpen. Dazu kommen Eisbär, Polarfuchs und andere Pelztiere, Rentier, Moschusochs, Lemming, das Walroß an der Küste, der Yack auf dem tibetanischen Hochland, die Alken im Norden, die Pinguine im Süden. Aber dem Winter- und Gletschereis ist selbst Insektenleben nicht fremd, Chionea aranoides, eine ungeflügelte Fliege, Boreus hiemalis, ein Netzflügler, Desoria glacialis, der Gletscherfloh und andere Poduriden gehören hierher. Das Süßwasser hat eine Kältefauna von niederen Tieren, Protozoen, Kleinkrustern, Würmern und Cycladiden, die selbst in Alpenseeen ausharren, die ganze Sommer hindurch ihre Eisdecke behalten. Für die Limnäen ist allerdings nachgewiesen, daß sie unter dem Eis zwar nicht Leben und Beweglichkeit, wohl aber Assimilation und Wachstum einstellen. Diesem schließt sich als großartigste Kälteanpassung die gesamte wunderbare Tiefseefauna an, die in Temperaturen gedeiht, wenig über dem Gefrierpunkt.

Der Wechsel der Jahreszeiten bedingt für viele Gegenden einen Wechsel der Fauna, an den Meeresküsten durch Auswahl, so zwar, daß nach strengen Wintern die sonst seltenen Nordformen an Stelle der sonst vorwiegenden indigenen Ar en treten können und die Fauna für den nächsten Sommer vollkommen verschoben erscheint.

Aehnliche Grenzverschiebungen zeigt das freie Meer

je nach den Jahreszeiten. In der Ostsee z. B. kann man eurytherme Standfische unterscheiden, sowie stenotherme Wanderfische. Diese zerfallen wieder in Nordfische (Anarrhichas lupus, Stichaeus islandicus, Gadus polachius und virens, Hippoglossus vulgaris, Lota molva, Raja radiata u. a.) und Südfische (Sciaena aquila, Thynnus vulgaris, Xiphias gladius, Trigla hirundo, Orthagoriscus mola, Carcharias glaucus, Trygon pastinaca u. a.). Die Südfische bewohnen namentlich die flachen, pflanzenbewachsenen Gründe oder die oberflächlichen Wasserschichten und stellen sich in der zweiten Hälfte des Jahres ein, vom Juni bis Dezember, meist im September und Oktober, wenn die Wassertemperatur erhöht ist. Die Nordfische umgekehrt bevorzugen die schlammigen Gründe und erscheinen vorwiegend im Frühjahr, wenn die Temperatur am tiefsten und der Salzgehalt in der Tiefe von 10 bis 20 m am höchsten ist.

Auf dem Lande tritt der Wechsel am schärfsten bei den Wandervögeln hervor. Polarvögel, wie Schneeeule, Seidenschwanz, Schneeammer, Bergfink, Birkenzeisig, fallen in kalten Wintern bei uns ein, die große Masse der einheimischen verschiebt sich nach Süden. Für das Maß der Wanderungen ist wohl vorwiegend ein Doppeltes maßgebend, wobei aber nur ein relativ geringer Unterschied besteht. Die einen waren bereits vor der Eiszeit bei uns, wurden durch die vordringenden Gletscher verschoben und nahmen nach dem Abschmelzen von den alten Gebieten in langsamem Vordringen wieder Besitz; die anderen gehören wärmeren Gegenden

an und erweitern ihr Areal während der guten Jahreszeit, wo sie brüten, wie Pirol und Wiedehopf. Die Ursache des Wanderns liegt wohl in den meisten Fällen im Nahrungsmangel, wofür der Kreuzschnabel, der im Winter an Fichtensamen den bestgedeckten Tisch findet und dann brütet, das bekannteste Beispiel ist.[1]

Während, wie wir oben sahen, die Körpertemperatur von der Temperatur der Umgebung abhängig ist, und sich durch Bewegung und Aufregung nur wenig über diese erhöht, bei Fischen um 2 bis 3°, bei Echsen bis 7°, bei Schlangen in der Verdauung um 2 bis 4° (im Maximum 24 Stunden nach der Nahrungsaufnahme), haben Vögel und Säuger sich unabhängig gemacht und Mittel zur Konstanthaltung ihrer Körperwärme erworben, sie sind **homöotherm** gegenüber den **Pöcilothermen.** Die Mittel bestehen in erhöhter Beweglichkeit und damit gesteigertem Stoffwechsel und in der Körperbedeckung. Die Feder dürfte eine umgebildete Reptilschuppe, das Haar eine umgewandelte Sinnesknospe sein, so daß z. B. am Mäuseschwanz die größeren Haare, die Grannen, noch in bestimmten Linien am Rande von Schuppen stehen, während in den Zwischenräumen sich nachträglich erst das weiche und dichte Wollhaar entwickelt. Aehnlich bei Vögeln Kontur- und Flaumfedern, wobei freilich die Flaumfedern zuerst entstehen. Bei Wasserfängern bleiben die starken Schnauzenborsten, d. h. Sinneshaare, am längsten bestehen (Walroß, junge Wale). Die Säuger, welche in ihrer Körperwärme weniger hoch gehen wie die Vögel, haben

[1] Der frühe Wegzug von Pirol und Turmschwalbe kann indes wohl nicht auf Nahrungsmangel beruhen, sondern lediglich auf Temperatureinflüssen, die bei diesen ursprünglichen Südländern vererbt sind.

noch Abkühlungsvorrichtungen nötig, das sind die Schweißdrüsen mit ihrem verdunstenden sauren Sekret.[1] Gegen dieses mußten wieder die Haare geschützt werden durch die Talg- oder Haarbalgdrüsen, wogegen die Vögel, ähnlich wie die Fledermäuse ihre Flughaut vermittelst am Kopf oder Hals gelegener Drüsen, ihre Federn mit dem Sekret der Bürzeldrüse einschmieren, am stärksten die Schwimmvögel, während edle Taubenrassen, die sich dem Regen nicht mehr aussetzen, die Bürzeldrüse eingebüßt haben. Von besonderem Interesse ist die Abstufung der Körperwärme, die noch jetzt in den verschiedenen Säugetiergruppen herrscht, so daß die niedrigsten beinahe noch pöcilotherm sind. Das Schnabeltier hat bei einer Wasserwärme von 22,2° nur 24,8° Blutwärme, Echidna bei 20° Luftwärme 29° Blutwärme, an kühlem Morgen aber nur 20°. Das Tier erreicht zur Fortpflanzungszeit 34,2° C. Die Beuteltiere haben im Durchschnitt 36°, der Wombat 34,1°, Petaurus 35,7°, in der Sonne steigen sie zum Teil auf 37,9°. Das Känguruh hat 37°, wie der Mensch, die Insektenfresser, Nager, Seekühe und Wale. Alle übrigen Ordnungen gehen höher, etwa auf 39°. Von den Vögeln halten sich nur die Ratiten oder Laufvögel auf 39,5°, alle übrigen höher, 41° u. m.; brütende Hühner auf 41,4°; sie gehen außer Raubvögeln, Gänsen, Sumpfvögeln und Hühnern über 42°.

[1] Tagschmetterlinge haben, an warmen Sommertagen und besonders in den Tropen, eine eigentümliche Manier, sich abzukühlen. Sie sitzen an einer Pfütze und saugen fortwährend in großen Mengen Wasser ein, das sie durch den After wieder abgeben, — eine sehr intensive Darmspülung.

Es versteht sich von selbst, daß die Homöothermen vom Klima viel weniger abhängig sind, als die Pöcilothermen. Die nordischen Schwimmvögel schützen sich durch ein dichtes Kleid von Dunen, die nordischen Säuger durch einen besonders dichten Winterpelz, der Königstiger vom Amur hat z. B. ein ganz anderes Aussehen, als der bengalische. Mammut und Rhinoceros in Sibirien waren dickbehaart, wie ihre im gefrorenen Boden erhaltenen Kadaver beweisen. Mauser und Haarwechsel hängen mit dem Jahreszeitenwechsel in erster Linie zusammen. Trotzdem verfallen noch eine Anzahl Säuger, Insektenfresser (Igel), Nager (Murmeltier, Hamster u. a.) und Raubtiere (Dachs, brauner Bär) in einen regelrechten **Winterschlaf**, wobei sich ihre Körperwärme beträchtlich erniedrigt, der madagassische Tenrec, Centetes sogar in einen Trocken- oder **Sommerschlaf**, Beweis genug, daß nicht die Kälte allein maßgebend ist. Es scheint sich dabei bei herabgesetzter Atmung um eine Selbstnarkose durch Kohlensäure und Aceton zu handeln. Für den Stoffwechsel der Winterschläfer scheint die Thymus, jene rätselhafte Drüse ohne Ausführgang, wichtig zu sein; während sie sonst nur beim Embryo voll entwickelt ist und nachher allmählich schwindet, schwillt sie hier in jeder Schlafperiode von neuem an. Der Eisbär, der in Schneehöhlen sich gegen Sturm schützt und hier seine Jungen wirft, verfällt doch nicht in Winterschlaf, wofür u. a. das Fehlen der Thymus beweisend ist. Die Pöcilothermen machen ihren Winterschlaf verschiedentlich durch je nach den Breitengraden, vornehmlich auf dem Lande die Amphibien, indem die Frösche in den Schlamm gehen, die Molche sich im Boden verkriechen, die Schildkröten den ersteren ähnlich, Ei-

dechsen und Schlangen[1] den letzteren, die Schnecken meist mit einem oder mehreren schleim- oder einem kalkigen Winterdeckel. Diese sind auch die einzigen, welche bei uns einem Trocken- oder **Sommerschlaf** unterliegen, während er in den Tropen auch Krokodile, Riesenschlangen, Amphibien ergreift, so gut wie den afrikanischen Lurchfisch Protopterus. Der Trockenschlaf der Schnecken kann mehrere Jahre dauern, z. B. bei Ampullarien. Helix lactea aus der Sahara vermag bis 5 Jahre trocken zu liegen, von Madeira dagegen noch nicht ein Jahr. Im Süßwasser ist der eigentliche Winterschlaf seltener, doch schlafen auch von unseren Fischen manche, Karpfen, Blei u. a., oft in Scharen zusammengedrängt, die Störe der Wolga, indem sie, die Köpfe nach unten gerichtet, palissadenartig sich drängen.

Hier lassen sich die Ruhezustände von Jugendformen, bez. Eiern und Knospen, anreihen. Die Statoblasten unserer Bryozoen verlangen für die Entwickelung Frost, ebenso die Eier von Apus productus, die von Apus cancriformis, Branchipus stagnalis u. a. Austrocknen. Es handelt sich um die Unterbrechung der Atmung, eine Art Schlaf. Dementsprechend haben auch tropische Bryozoen ihre Statoblasten, die offenbar nur des Austrocknens bedürfen.

Winterschlaf, Puppenruhe u. dergl. hängen mit einer anderen Seite des Haushalts zusammen, mit der Ablagerung

[1] Als ein Beispiel hoher Wärmebedürftigkeit unserer Schlangen mag angeführt werden, daß für den Winterschlaf sich oft viele Individuen an einer Thermalquelle zusammenfinden, so namentlich die Aeskulapschlange, Coluber flavescens. Die Masse der winterschlafenden Schlangen hat wiederholt zur Auffindung der Thermen geführt, daher der Name „Schlangenbad“.

von **Fett**. Niedere Tiere haben zwar auch Fett und Oel, hie und da als Schwebemittel, wie die Oelbehälter vieler Siphonophoren (s. o. II), nie aber scheint es als ein so regelrechter Kraftspeicher zu dienen, wie bei denen mit quergestreifter Muskulatur, Arthropoden und Vertebraten, d. h. im Gefolge des Landlebens. Hier trat es zuerst wohl auf als ein Reservestoff für die Bewegung, eben für die Muskulatur. So zehren die Lachse jetzt auf ihren langen anstrengenden Wanderungen stromaufwärts, wobei sie keine Nahrung zu sich nehmen, von ihrem Fett. Die Verwendung beim Winterschlaf ist dann eine sekundäre Anpassung. Bei niederen Tieren scheint an die Stelle des Fettes vielfach **Glykogen** zu treten, das besonders reichlich bei Weichtieren sich findet und hier wieder am meisten bei den Landschnecken, im Zusammenhange teils mit ihrer leistungsfähigen Muskulatur, teils mit ihren Schlafzuständen.

Wie die Wärmeschwankungen vielen höheren Tieren ein anderes Sommer- und Winterkleid schaffen, so modeln sie bei anderen, speciell niederen, welche im Laufe eines Jahres mehrere Generationen erzeugen, diese je nach der Jahreszeit, es entsteht **Saisondimorphismus**. Von manchen Gallwespen ist die Herbstgeneration ungeflügelt und mit stärkeren Legebohrern versehen, um die Eier in Rinden oder härteren Deckschuppen unterzubringen, während die Sommergeneration zarte grüne Triebe oder Blütenknospen erwählt. Blattläuse wechseln entsprechend bald zwischen Wurzeln und Blättern, bald zwischen verschiedenen Pflanzen. Den klarsten Einblick haben indes die Tagschmetterlinge ergeben, bei denen nachweislich die hohe oder niedere Temperatur in den ersten Stunden nach der Verpuppung starke Veränderungen hervorrufen kann, Veränder-

ungen, welche den natürlichen Verhältnissen entsprechen. Am längsten bekannt ist unser Landkärtchen, das zwei Generationen hat, Vanessa prorsa und levana, die erstere dunkle als Herbst-, die letztere helle als Frühjahrsgeneration, dazu als seltene Zwischenform V. porima. Sie können künstlich erzeugt werden. Aus Pieris napi hat sich durch Temperatureinflüsse die bisher nur vom Kamme des Riesengebirgs bekannte var. bryoniae erzielen lassen. Aehnlich eine ganze Reihe Zackenfalter und Bläulinge, so zwar, daß im Norden nur unsere Frühjahrsgeneration lebt, bei uns eine Sommergeneration dazu kommt, diese in Südeuropa zur Frühjahrsgeneration wird mit einer dritten Abart als südlicher Sommerform. Das Experiment erlaubt die Umzüchtung. Diese liefert unter Umständen aber auch noch weitere Varietäten, indem z. B. bei den Füchsen (Vanessa urticae und polychloros) rote und gelbe Flecke durch höhere Wärme in Schwarz übergeführt werden, Varietäten, die man wohl als „prospektive" Arten bezeichnet hat, die man noch von der Natur in Zukunft erwarten kann.

In anderer Weise beeinflußt die Temperatur die Artumbildung durch Verschiebung der **Geschlechtsreife**. Sie tritt bekanntermaßen bei vielen Säugern in den Tropen viel früher ein, darunter auch beim Menschen. Eber können in den Tropen im Alter von einem Vierteljahr sprungfähig sein. Das gleiche kann aber auch durch nördliche Kälte erreicht werden. Unsere Succineen und Limnäen pflegen in einem Sommer heranzuwachsen, in Lappland aber erst in zweien. Dadurch, daß schon die halbwüchsigen im ersten Sommer sich fortpflanzen, entstehen Zwergrassen oder -arten. Dadurch, daß sich beim gemeinen Taufrosch, Rana temporaria, im Hochgebirge die Laichzeit

um mehr als ein Vierteljahr verzögern kann, werden viele Kaulquappen gezwungen, als solche zu überwintern. Eine merkwürdige klimatische Anpassung hat ein Strudelwurm, Polycelis cornuta, durchgemacht. Als Gebirgsform, welche Kälte beansprucht, lebt er gleichwohl in vielen Bächen des rheinischen Tieflandes. An deren höhere Temperaturen hat er sich durch einen Generationswechsel angepaßt, so zwar, daß er die Geschlechtsreife fast nur noch im Gebirge, Thüringerwald, Hunsrück ꝛc. erreicht, im Flachlande dagegen durch Querteilung sich ungeschlechtlich vermehrt. Je höher die Wärme, um so schneller erfolgt die Teilung, um so kleiner aber werden die Individuen. Während die Geschlechtsform 2 cm Länge erreicht, entsteht durch fortgesetzte Teilung eine Zwergrasse von 0,6 cm Länge.

Umgekehrt endlich erzeugt Kälte große Formen. Da die Wärmeabgabe von der relativen Größe der Oberfläche abhängt, diese aber nur im Quadrat wächst, wenn das Körpergewicht im Kubus zunimmt, sind große Formen im Vorteil. Kleine müssen durch stärkere Bewegung und Nahrungsaufnahme, um dieselbe Temperatur zu erreichen, mehr Verbrennungswärme erzeugen. So kommt es wohl, daß die kalte Tiefsee und der Norden von vielen Tiergruppen relative Riesen besitzen, z. B. von den Asseln und den Pantopoden (Bathynomus giganteus von 20 cm Länge, Colossendeïs abyssisch, dazu entsprechende Isopoden in den Nordmeeren). Die Existenz der Riesenwale ist wohl nur in kaltem Wasser möglich, das der Haut beständig Wärme entzieht (gestrandete Wale gehen sehr schnell in Verwesung über wegen der hohen inneren Erwärmung).

VIII. Die Elektricität.

Röntgenstrahlen.

Infusorien, auf dem Objektträger zwischen zwei elektrische Pole gebracht, werden meist ausgerichtet, so daß alle nach dem einen Pole streben oder senkrecht zur Verbindungslinie der Pole stehen (Galvanotropismus). Die Ursache dürfte in elektrolytischen Vorgängen zu suchen sein, sei es von Exkreten, sei es von eigentlichen Zellteilen. Ob diese Wirkung irgend welche biologische Bedeutung hat, steht noch dahin.

Ebenso zweifelhaft ist es, ob der Einfluß der Gewitterschwüle, welche viele Insekten, Mücken, Eulen, Schwärmer u. a. zu lebhafter Bewegung anregt, auf der Elektricität beruht oder bloß auf Wärme und Feuchtigkeit der Luft. — Für das rätselhafte Erscheinen des Palolowurms, d. h. losgelöster, eibeladener Wurmstücke an ganz bestimmten Tagen, bei Eintritt des letzten Mondviertels im Oktober oder November, versagen alle Erklärungen (Licht, Wasserdruck, Wärme). Der Mond soll die Luftelektricität beeinflussen und diese soll wieder als Reiz wirken für die Abtrennung der geschlechtsreifen Wurmstücke. Die Sache bleibt noch hypothetisch.

Dagegen haben die elektrischen Fische (Gymnotus, Malapterurus, Torpedo) und die schwächeren, die man früher als pseudoelektrisch bezeichnete (Mormyrus, Gymnarchus, Raja), sehr wirksame, aktivthätige, **elektrische Organe** zum Schutze ausgebildet. Es sind umgewandelte Muskeln. Der Bau ist der von Volta'schen Säulen, in denen Nervenendplatten mit einer sulzigen Masse

abwechseln. Ueber den eigentlichen Elektricitätserzeuger herrscht noch keine Klarheit, es scheint, als wenn die Grenzschicht der Nervenplatte gegen die umgewandelte Muskelfaser das Wirksame wäre. Die Wirkung ist so stark, daß ein kräftiger Mann durch einen Schlag des Zitteraales, der seine beiden Füße berührt, umgeworfen werden kann.

Während es sich beim Zitteraal und Zitterrochen um Partien handelt, die zu beiden Seiten der Wirbelsäule gelegen sind, greift das elektrische Organ bei Malapterurus rings um den Körper und läßt nur Kopf- und Schwanzende frei, so daß der Fisch gewissermaßen in einem elektrischen Muff steckt. Bei ihm sind auch die Entladungen der einzelnen Elemente und Säulchen am energischsten zu einer Gesamtwirkung vereinigt, insofern als die ganze große Menge der Nervenfasern aus dem elektrischen Organ einer Körperhälfte in einer einzigen Ganglienzelle zusammenkommen, der riesigsten des ganzen Tierreichs. Wenn man bei den pseudoelektrischen Fischen ohne genauere Instrumente die elektrische Wirkung nicht nachweisen konnte und nur aus dem Bau auf die Bedeutung der Organe schloß, so liegt das daran, daß es hier weder peripherisch im Organ noch central im Nervensysteme zu genügender Zusammenfassung gekommen ist.

Diese Organe sind bekanntlich auf das Wasser beschränkt. In trockener Luft werden Haare und Federn durch Reibung elektrisch, so daß ein Katzenfell leicht Funken giebt. Diese Elektricitätsquelle wird indes nicht zum Schutze ausgenützt, wohl aber zum Ordnen der Hautbedeckung, deren einzelne Elemente abgespreizt und am Verkleben verhindert werden. Schwungfedern und Grannenhaare werden gewöhnlich positiv, Flaum

und Wollhaare negativ elektrisch durch jede Bewegung gegen Luft oder gegeneinander.

Auch den sogenannten X- oder **Röntgenstrahlen** hat man neuerdings physiologische Aufmerksamkeit geschenkt, nachdem es sich als unbeabsichtigtes Nebenresultat herausgestellt hatte, daß Haut und Haarwuchs des Menschen stark davon angegriffen werden. Protozoen verhalten sich sehr verschieden dagegen, sie scheinen um so stärker und um so schneller zu leiden, je dünnflüssiger und beweglicher ihr Protoplasma ist. Schalen, wie die von Difflugia, scheinen ein Schutzmittel zu bilden.

IX. Die Atmung.

Zur Erzeugung der Energie durch Verbrennung braucht das Tier Sauerstoff, den es entweder aus der Luft oder aus dem Wasser unmittelbar entnimmt. Dazu kommt eine quantitativ bisher noch unbestimmbare Menge, welche bei den Wachstumsvorgängen und den damit verbundenen Reduktionen innerhalb der Gewebe aus den Nahrungsmitteln (Kohlehydrate, Eiweiß) abgeschieden wird. Nur manche Schmarotzer dürften im stande sein, diesen ganzen Bedarf aus den Bestandteilen des Wirtes durch Zersetzung zu decken. Bei solchen Tieren, deren Gewebe symbiotisch von gelben oder grünen einzelligen Algen, Zooxanthellen oder Zoochlorellen durchsetzt sind, liefern diese den Sauerstoff unmittelbar. Sonst muß er von außen aus der freien oder der im Wasser gelösten Luft genommen werden. Die Luft besteht zu $^1/_5$, die im Wasser absorbierte aber zu 34 %

aus O. In tieferen Meeresschichten, etwa 500 m, ist das Verhältnis ungünstiger, etwa 11%, um nach unten wieder auf 24% zu steigen.

Zum Atmen gehört eine feuchte und dünne Körperhaut, daher kleine Tiere im **Wasser** durch die ganze Haut atmen und keine besonderen Respirationsorgane nötig haben. Erhöht wird die Wirkung durch relativ große Oberfläche, also bei Körperanhängen von geringem Querschnitt, welche die Atmung zugleich mit übernehmen. Bei Urtieren vermittelt natürlich die ganze Oberfläche als Exoplasma die Atmung, bei Cölenteraten, Platoden und Nematoden sind keine besonderen Organe dafür da, die mancherlei Fühler der Quallen und Hydroiden mögen vorteilhaft sein. Ebenso sind die Tentakelkränze der Bryozoen und Brachiopoden, die Wimperkränze der Rotatorien zugleich Atemswerkzeuge. Die Kleinkrebse wie Copepoden, die Hydrachniden, Tardigraden, Pantopoden ꝛc. haben einfach Hautatmung. Bei Schwämmen dient die Wasserspülung durch den ganzen Stock, bei Neomeniiden mit dicker Körperhaut neben der dünnwandigen Sohlenfurche die Darmspülung zur Atmung.

Auf dem **Lande** haben zum mindesten noch die Amphibien, besonders die glatthäutigen Frösche, sowie die meisten Molche, Hautatmung. Frösche, ihrer Lunge beraubt, können in feuchter Luft lange aushalten; viele Molche haben überhaupt ihre Lunge vollkommen verloren und sind auf Hautatmung angewiesen, in Unterstützung durch das Epithel der Mundhöhle und des Schlundes, die auch bei Weichschildkröten (Trionyx) noch respirationsfähig er-

scheint[1]. Am ausgesprochensten ist wohl die einfache Hautatmung bei manchen Landtieren der Tropenzone, Landblutegeln und Landplanarien; schwerer wird's verständlich, wie Landmilben mit relativ dicker Haut ohne Atmungswerkzeuge (atracheat) respirieren können.

Die Gewinnung größerer respiratorischer Flächen bei Vergrößerung des Tieres und Verdickung der Haut wird gewonnen für Wasser durch Ausstülpung irgendwelcher dünnwandig gebliebener Teile: Kiemen, — für freie Luft durch deren Einstülpung: **Lungen** und **Tracheen**. Bei Wirbellosen kann jede Hautstelle zur Kieme werden, im allgemeinen werden einigermaßen geschützte Teile bevorzugt; bei Weichtieren die typischen Kiemen in der Mantelhöhle, eine verschiedene Anzahl bei Chitonen, bei Nautilus 2 Paar, sonst 1 Paar, von dem bei den asymmetrischen Vorderkiemern die eine allmählich unterdrückt wird, so daß bei den höheren nur die linke erhalten ist. Bei den Muscheln verschmelzen die Kiemenfäden bald zu Kiemenblättern, jederseits zwei Paar; in der Tiefsee pflegen, bei den Septibranchien, diese wieder verloren zu gehen, und allgemeine Hautatmung tritt an die Stelle. Die Gymnobranchien oder nackten Hinterkiemer haben ebenfalls die typische Kieme verloren, bei ihnen, wie bei den nackten Pteropoden, atmet die ganze Haut oder es werden sekundäre Kiemen erzeugt, baumförmige Verästelungen um den After der Dorididen u. dergl. — Bei den Basommatophoren des Süßwassers kommen neben der

[1] Unter Umständen erscheint der ganze Darmkanal respirationsfähig, so bei den Schlammpeitzgern, Cobitis, die beim Knappwerden des Wassers Luft mit dem Munde aufnehmen und durch den Darm treiben, der gleichzeitig, eben unter den ungünstigen äußeren Umständen, leer zu sein pflegte.

Lunge kiemenartige Hauterweiterungen an der Mantelhöhle in Frage, vielleicht als Rest einer ursprünglichen Kieme, so bei Ancylus, Planorbis, Isidora; dazu atmen die Fühler (Limnäen), der Mantelrand (Amphipeplea), die Mantelrandfühler (Physa); so wird's ermöglicht, daß Limnäen selbst in der größten Tiefe des Genfer Sees hausen. Bei den Anneliden können Kiemen fehlen (z. B. Regenwürmer), sie können seitlich hervorsprossen oder, wie bei den tubikolen Serpuliden, am Kopfende. Bei den Gliedertieren liegen die Kiemen an den Beinen, für den Wasserwechsel sehr vorteilhaft. Schon sitzende Wassermilben sieht man die hinteren Beine eifrig pendelnd bewegen, und bei den höheren Krebsen sorgen ähnlich die Pleopoden für Wassererneuerung. Bei den Krebsen können alle Beine zur Kiemenbildung gebraucht werden. Häufig werden sie unter Kiemendeckeln geborgen, die bei Dekapoden von seitlichen Auswüchsen des Cephalothorax, bei Molukkenkrebsen und Asseln von den verbreiterten ersten Hinterleibsbeinen gebildet werden. — Bei Insekten kommen selten einzelne echte Kiemenfäden auf dem Körper zerstreut vor (Dipterenlarven), wohl aber haben bei den Apterygoten die Reste von Hinterleibsbeinen (Hüftsporne) oft noch Säckchen (Coxaldrüsen), die in feuchter Luft zur Atmung ausgestülpt werden können. Manche Puppen, z. B. von Melolontha, zeigen ein ähnliches, erstes, kiemenblattartiges Abdominalbein. Die sogenannten Lungen und Fächertracheen der Spinnen beruhen vermutlich auf solchen eingestülpten Kiemen.

Bei den Echinodermen dienen teils die dünnen Hautstellen, besonders die Schwellfüßchen, als Kiemen, teils sprossen auf dem Rücken Kiemenfäden hervor

(Asteriden), teils stülpt sich, in umgekehrtem Sinne, die Haut der Kloake zu zwei großen, baumförmig verzweigten, wassergefüllten Atemorganen ein, den sogenannten Wasserlungen der Holothurien.

Bei den Wirbeltieren knüpft die Bildung von Respirationswerkzeugen durchweg an die erwähnte Darmatmung an, speciell an den Kopfdarm. Bei den Manteltieren ist es derselbe, erweitert als Kiemenkorb der Ascidien oder als einzelne Reste desselben in den Kiemen der Salpen. Zu reicherem Wasserwechsel bricht der Kopfdarm in seitlichen Spalten nach außen durch (Enteropneusten, Vertebraten). Bald sind die Spalten außen noch von sekundären, verschmolzenen Hautfalten überdeckt und liegen in einem Peribranchialraum, bald vereinigen sie sich, röhrenförmig verlängert, zu gemeinsamem Porus (Amphioxus, — Amphibienlarven, Myxine). Bei Petromyzon, Rochen und Haien münden sie frei nach außen, bei letzteren bildet die erste Spalte, nach oben durchbrechend, das Spritzloch; die übrigen Fische schützen die Kiemen durch den Kiemendeckel. Bei den Larven der Amphibien und Quermäuler kommen zu den mehr inneren, in den Spalten gelegenen Kiemen noch äußere Kiemenfäden, am größten bei Haifisch-Embryonen und Salamandra atra.

Die **Lunge** ist eine Ausstülpung ungefähr derselben Darmgegend in die Leibeshöhle. Bei Fischmolchen (Perennibranchiaten) kann sie sich halten als statisches Organ oder Schwimmblase, wiewohl auch im Wasser lungenlose Molche vorkommen, und bei den meisten Fischen dient sie als solche oder geht verloren; bei Lurchfischen und Ganoiden dient sie häufig noch zum Atmen.

Dabei scheint es, daß die Lunge zuerst nur die Sauerstoffaufnahme besorgte, während die Kohlensäureausgabe an anderen Körperstellen erfolgt: Bei Ganoidfischen ist die Luft der Lunge oder Schwimmblase ärmer an O, aber nicht reicher an CO_2. Die Fläche der Lunge wird immer größer durch komplizierte Wabenbildungen. Der Brustkorb, aus den Rippen gebildet, besorgt den Gaswechsel, zusamt dem Zwerchfell. Die Anuren, ohne Rippen, drücken die Luft mittelst des bewegten Mundhöhlenbodens und der Zunge hinter, die Schildkröten teils ebenso, teils durch die Bewegung der Gliedmaßen, der starre Scheltopusik durch die der weichen Seitenfalten. Manche Echsen und vor allem die Vögel fügen an die Lunge noch die Luftsäcke, Chamäleons blasen sie auf, um sich ein größeres Ansehen zu geben (wie die Kröten die Lungen, daß sie wie ein Gummiball anzufühlen sind), die Vögel benutzen die Luftsäcke teils zur leichteren Verlagerung der Organe teils als Luftreservoire (ein fliegender Vogel braucht keine Atemzüge zu machen, sondern läßt die Luft frei durch die geöffneten Nasenlöcher einströmen). Tauchende Säuger erhalten einen besonders großen Brustkorb, Seehunde, Wale (— Ichthyosaurus war ähnlich —), sie nutzen die Luft gründlicher aus, ein Seehund nimmt bei jedem Atemzug mehr Sauerstoff auf, als ein gleich großer Hund; daher das Vermögen der Wale, lange unter Wasser zu bleiben, zum Teil bis $^3/_4$ Stunden.

Eine besondere Art der Darmatmung hat der Igelfisch, Diodon, der den mächtig erweiterten Schlund mit Luft füllt. Sitzt er während der Ebbe in einer Felsenspalte, dann erhält das Wasser der Kiemenhöhle durch Endosmose von der Darmerweiterung her seinen Sauerstoff. Beim

Schwimmen bewirkt die bauchständige Auftreibung schützendes Abspreizen der Stacheln, während der Fisch in Rückenlage an der Oberfläche treibt.

Bei den Amphibien läßt sich die Verwandlung hintanhalten; sie behalten die Kiemen, wenn sie keine Gelegenheit finden, das Wasser zu verlassen. Solche **Neotenie** findet sich bisweilen im Freien, die Perennibranchiaten (Proteus u. a.) bleiben regelrecht auf dem Larvenstadium stehen, Siredon, der Axolotl meist, gelegentlich verwandelt er sich ins Amblystoma.

Die Landgliedertiere atmen nicht durch Lungen, sondern durch **Tracheen**, d. h. durch röhrenförmige Hauteinstülpungen, die sich in alle Gewebe verzweigen. (Eine Parallele findet sich bereits bei der Segelqualle Velella, deren Segel auch von einem Tracheensystem durchzogen ist). Bei Peripatus sind sie, wahrscheinlich aus Hautdrüsen entstanden, unregelmäßig über den Körper zerstreut, bei Insekten und Myriopoden liegen die Oeffnungen oder Stigmen, oft durch feine Chitinhärchen gegen Staub geschützt und verengert, an den weicheren Gelenkstellen zwischen den Ringen, bei den Spinnen stehen sie meist in Zusammenhang mit den Blätterlungen. Bei fliegenden Insekten erweitern sich die Tracheen oft zu Tracheenblasen. Bei Wasserinsekten kommen allerlei Abweichungen vor, am wenigsten bei den Dyticiden, die vom Hinterende aus Luft unter die Flügeldecken nehmen und den Stigmen zuführen. Die Hydrophiliden thun es wie die Wasserspinne, Argyroneta, zwischen der Behaarung und zwar der Bauchseite, wo die Beine die Luft weiterschieben. Meist sind die Stigmen auf bestimmte Stellen beschränkt, bei Mückenlarven aufs Hinterende, bei den Puppen auf

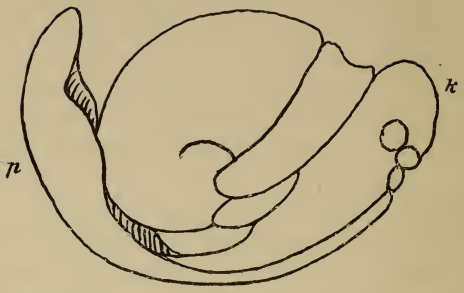
das Vorderende, bisweilen liegen sie auf fadenartig ausgezogenen Schwanzverlängerungen als Taucherrohren (Nepa, Ranatra, Eristalislarve). Die Larven der Wasserinsekten haben oft die merkwürdigen Tracheenkiemen, faden- oder blattartige Anhänge, in denen sich Tracheenäste verzweigen (Ephemeriden, Perliden, Phryganiden, Agrion). Hier findet der Gaswechsel durch die Haut erst mit der Tracheenluft statt und erst von dort aus mit dem Blute. Bei anderen Larven wird Wasser in den Enddarm aufgenommen und durch Darmausstülpungen, Analkiemen, ausgenutzt. Die Aeschnalarve benutzt die Mastdarmatmung zur Lokomotion, das ausgespritzte Wasser treibt sie vorwärts. Bisweilen wird auch bei Seetieren der Stoß des ausgeatmeten Wassers aus der Kiemenhöhle zur Fortbewegung benutzt, bei Quallen, Salpen, Appendikularien im Gehäuse, Cephalopoden. Die letzteren nehmen das Atemwasser durch die breite Spalte an der Trichterbasis ein und stoßen es dann, nachdem sich die Ränder der Spalte geschlossen haben, durch den engen Trichter wieder aus, wodurch sie rückwärts schwimmen. Einige, wie Loligo, haben auch gelernt, durch Umbiegen des Trichters nach hinten vorwärts zu kommen. Fische müßten durch das unter dem Kiemendeckel beständig hervorgestoßene Wasser unausgesetzt vorwärts getrieben werden, wenn sie dasselbe nicht durch die abgespreizten Brustflossen seitwärts ablenkten.

Schnecken, Landkrabben und Labyrinthfische haben aus der Kiemenhöhle zum Teil eine Lungenhöhle gemacht, indem die Wandung ein feines Gefäßnetz erhält. Wenn der Kletterfisch damit im stande ist, freiwillig durch Einstemmen der Flossenstrahlen Bäume zu besteigen,

so können auch Fische mit reiner Kiemenatmung längere Zeit auf dem Trocknen aushalten, wenn sie eine enge Kiemenspalte haben wie der Aal. Die Landasseln verwandeln die Außenteile ihrer als Kiemen dienenden Hinterleibsbeine in eine Art Lunge, indem sie durch eine Oeffnung Luft aufnehmen in einen oft verzweigten Hohlraum, der sich als weißer Fleck bemerkbar macht.

Mit der Ausbildung besonderer Atemwerkzeuge hängt notwendigerweise die Schöpfung des Blutes und des Kreislaufs zusammen, um den an beschränkter Stelle gewonnenen Sauerstoff überall hinzuführen und die abgeschiedene Kohlensäure wegzuschaffen. Mit der Entwickelung der Tracheen, welche die Luft überall hinleiten, ist der Kreislauf wieder überflüssig und fragmentarisch geworden. Der Sauerstoff wird bei den Wirbellosen mit wenigen Ausnahmen (Aplakophoren, viele Würmer) an das Plasma, bei den Wirbeltieren an die roten Blutkörperchen gebunden. Frösche pflegen sich im Hochsommer zu sonnen und dabei eine Kur durchzumachen, wobei die roten Blutzellen massenhaft zerstört werden, bis über die Hälfte, um dann ebenso schnell wieder zu entstehen.

Die Embryonen der echten Landwirbeltiere, von den Reptilien an, haben ein besonderes Atemorgan, als eine blasenartige Ausstülpung der Kloake, die Allantois oder den Harnsack. Sie breitet sich oberhalb des Embryos aus und übernimmt, da sie gefäßreich ist, zugleich die Respiration. Lungenschnecken haben am Hinterende eine Erweiterung oder Podocyste, deren Pulsationen das Blut umhertreiben. Bisweilen wird sie zu einer großen flach gedrückten Allantoisblase, die sich über den Embryo wegschlägt und an die Eischale anlegt, und bei einer Anurenquappe,



Figur 33. Embryo von Helix Waltoni. k Kopfblase, p Podochste oder Schwanzblase, die zugleich als Allantois dient.

die in einer Bruttasche aufgezogen wird, sind die Enden der äußeren Kiemenfäden rechts und links zu einer Allantois erweitert.

Die Atemgröße ist bei niederen Tieren oft sehr gering; Limax verbraucht nur 0,36 cm ^{3} Luft pro 1 cm ^{3} Körpermasse und Stunde.

Register.

Aal 105.
Aaskäfer 97.
Ablabes 57.
Accomodation 65.
Achatina 120, 128.
Acraea 58.
Acridier 85, 91.
Adhäsion 36.
Aeschna 154.
Aetherisierung 12.
Affen 33, 34.
Agrion 154.
Alcioniden 47.
Alcionidenauge 67.
Alk 26, 136.
Allantois 155.
Alligator 90.
Aluminium 8.
Amblystoma 153.
Ameise 84, 131.
Ameisenfresser 104.
Amitotische Zellteilung 11.
Amöben 8, 109, 132.
Amphibien 134. 140.
Amphioxus 63, 118, 151.
Amphipeplea 150.
Amphisbaena 91.
Ampullaria 135.
Anarrhichas 137.
Ancylus 27, 150.
Anemotropismus 41.
Anguilluliden 132.
Anneliden 22, 26, 28, 63, 150.
Anpassung 16.
Antennarius 47.
Antilope 33, 52.
Anuren 152.
Aplacophoren 155.
Appendikularien 73, 77, 154.
Apterygoten 134. 150.
Apus 108, 141.
Argyroneta 153
Arion 60.
Artemia 108.
Ascidien 27, 29.
Asellus cavaticus 68.
Asseln 47, 77, 144, 150.
Astacus 113, 115.
Asteriden 151.
Asymmetrie 34.
Atemgröße 156.
Atmung 127.
Atractus 56.
Auge, Entwickelung 62.
Augenbraue 65.
Augenlid 65.
Aurelia 131.
Auricularien 81.
Auster 17, 28.
Axolotl 153.
Bacillus 59.
Balistes 89.
Balanoglossus 28.
Balanus 107.
Bakterien 8.
Barotropismus 41.
Barteln 94
Bathybius 9.
Bathynomus 144.
Bathypterois 96.
Baumschlangen 34.
Befruchtung 13.
Bewegung 21.
Biber 34.
Bibio 34.
Bilateral symmetrisch 29, 31.
Binturong 34.
Biogenetisches Gesetz 16.
Blanjulus 77.
Blattläuse 13, 45, 142.
Blattwespen 48.
Bläulinge 143.
Blei 141.
Blindmoll 68.
Blutegel 121.
Blutsverwandtschaft 20.
Blutzellen 109, 155.
Bohren 28, 29.
Boreus 136.
Brachiopoden 27, 107, 148.
Brackwasser 106, 107, 110.
Branchiobdella 113.
Branchipus 108, 141.
Brandung 27.
Brisinga 71.
Brustflossen 154.
Bryozoen 27, 28, 29, 114.
Buccinum 127.
Bücherskorpion 32.
Bürzeldrüse 139.
Byssus 28, 113.
Bythotrephes 23, 25.
Calamaria 57.
Callima 61.
Callophis 57.
Calocalanus 24.
Calopteryx 42.
Capitelliden 109.
Carchesium 114.
Carcinus 18
Cardium 44, 106.
Carinaria 22.
Centetes 128, 140.
Centrosoma 11.
Cephalopoden 27, 64, 65, 154.
Cereanthus 41, 44.
Cercopis 57.
Cetonia 103.
Chaetoderma 28.
Chaetopterus 71.
Chamäleon 33, 34, 54, 78, 152.
Chamäleonauge 64.
Characiniden 135.
Chemotaxis 101.
Chemotropismus 20.
Chersydrus 57.
Chionea 136.
Chitin 116.
Chiton 81, 149.
Chlamydosaurus 35.

Chloë-Auge 66.
Chorda dorsalis 119.
Chordotonale Organe 84.
Chromatische Funktion 79.
Chromosomen 10.
Chromiden 135.
Chrysomela 49.
Chrysops 126.
Cicaden 91.
Cilien 21.
Cirripedien 46.
Ciona 44.
Claustrum 47.
Cladoceren 88.
Clione 134.
Clytus 84.
Cobitis 149.
Coccinella 53.
Cocon 120.
Cölenteraten 188.
Coleophoriden 126.
Coleopteren 84.
Collozoum 22.
Colobus guereza 79.
Colossendeis 144.
Coluber flavescens 141.
Columella 87.
Conchin 116.
Conjugation 14.
Copepoden 148.
Cordylophora 28, 106.
Corethra 25.
Coronella 57.
Correlation 16.
Cossusraupe 76.
Coxaldrüsen 150.
Cranchia 71.
Crinoiden 27, 28, 29.
Cristatella 126.
Ctenophoren 81.
Cucujos 69.
Cycladiden 136.
Cyclas 112.
Cyclops 114.
Cyclopterus 27.
Cyclostoma 38.
Cymbulia 22.
Cyprinoiden 88.
Cysten 116.
Cytoplasma 11.
Cytherea 44.
Dachs 60.
Dactylethra 118.
Dactylopterus 39.
Danaiden 58.
Daphnien 25.
Darmatmung 152, 154.
Darmschmarotzer 102.
Decapoden-Auge 64.
Degeneration 14, 18.
Delphin 26.
Dendronotus 42.
Dentalien 28, 76.
Dermatoptische Funktion 44, 62.
Desoria 136.
Diaptomus 25.
Difflugia 147.
Difflugiaskelett 117.
Diodon 152.
Dipnoer 89, 135, 151.
Diptera 102, 108.
Discoglossus 59.
Distira 57.
Doliophis 57.
Dolium 73.
Donacia 125.
Dorade 39.
Doriden 117.
Doto 48.
Draco 39.
Drassus 128.
Dreissensia 111, 113.
Dromia 59.
Ductus endolymphaticus 86.
Ductus perilymphaticus 87.
Dunkelfauna 49.
Dyticiden 153.
Echeneis 47.
Echidna 139.
Echinidenschale 119.
Echinodermen 106, 117, 150.
Echinomenia 79.
Echse 33, 34, 35.
Edwardsia 44.
Egel 27.
Ei 12, 120.
Eichhörnchen 34.
Eicocon 124.
Einsiedlerkrebs 34.
Eintagsfliegen 25.
Eisbär 46, 136.
Eisen 8.
Eischale 120.
Eiszeit 132.
Ekelfarbe 53.
Ektoderm 16.
Elaps 53, 55, 57.
Elateriden 69.
Elektrische Organe 145.
Elektrizität 145.
Elpidea 82.
Enteropneusten 107, 151.
Entoderm 16.
Entoparasiten 49.
Entstehung des Lebens 7.
Entwickelung 14.
Entwickelungsreihen 60.
Ephemeriden 135, 154.
Ephippium 122.
Epicrium 118.
Epiphyse 85.
Epipodium 104.
Erbmasse 9, 13.
Erhaltungsmäßig 17.
Eristalis 154.
Erythrolampus 56.
Eulen 101.
Euphausiden 73.
Eurytherm 124.
Exocoetus 39, 40.
Exoplasma 148.
Extremitäten 31, 33.
Fächertracheen 150.
Farbe 43.
Farbenwechsel 78.
Fäulnisgase 102.
Faultier 49.
Feder 138.
Felsenhahn 52.
Fett 23, 142.
Fetzenfisch 47.
Fische 26, 34, 42, 50, 154.
Finken 40.
Fischmolche 151.
Fischohr 82.
Fischschuppen 119.
Flachfische 34, 78, 137.
Flattertiere 40.
Fledermäuse 37, 40, 95.
Fliegen 40.
Florideen 48.
Flosse 33.
Flug 39.
Flughörnchen 39.
Flußmuscheln 132.
Foraminiferen 106.
Forsikuliden 108.
Frischling 60.
Frösche 155.
Frosch, Geschmack 103.
Frosch-Skelett 83.
Funicula 70.
Funktionswechsel 17.
Gabelschwanzraupe 54.

Gadiden 91, 133, 137.
Galeopithecus 39.
Gallerte 21.
Gallwespen 142.
Galopp 34.
Galvanotropismus 145.
Gamasus 131.
Gammarus 68, 77, 113.
Ganoiden 89, 107, 151.
Gase (als Schwebmittel) 24.
Gastrula 6.
Gecko 37, 66, 87.
Gefühl 94.
Gehörknöchelchen 87.
Geißelinfusorien 63.
Gemmula 114, 127.
Genepiftase 60.
Generationswechsel 144.
Geophilus 45.
Geophis 57
Geotropismus 41, 42, 43.
Geotrupes 131.
Gephyreen 28, 29.
Geschlechtskreise 143.
Geruch 97.
Geschmack 103.
Geschwindigkeit 40.
Getast 94.
Gift 8.
Glaskörper 64.
Glasschwämme 28.
Glastiere 47.
Glauconiiden 34.
Glaucus 25, 133.
Gliederspinnen 134
Gliedertiere 31.
Glochidium 112.
Glomeris 121.
Glucogen 142.
Goldafter 122.
Gorgoniden 59.
Grabfuß 33.
Grabwespe 33.
Gregarine 38, 102.
Greifschwanzaffen 34, 94.
Greifstachler 34.
Gürteltier 118.
Gymnobranchia 149.
Gymnophionen 24.
Gymnarchus 145.
Gymnotus 145.
Haar 17, 138, 146.
Haarstern 27.
Hämoglobin 115.
Haie 151.
Halobates 39.
Halteren 84, 85.
Hase 33, 52.
Hautatmung 148.
Hautskelett 118.
Helicarion 58.
Heliconiden 58.
Heliotropismus 45, 46.
Heliozoen 109.
Helix 19, 114, 128, 156.
Hemibungarus 57.
Hering 133.
Hermelin 46.
Hesione 25.
Heterodera 105.
Heterogenesis 18.
Heteropoden 22, 64, 67, 133.
Heuschrecken 121
Hexactinelliden 28 109.
Hinterkiemer 50, 99, 106.
Hipistes 57.
Hippolyte varians 79.
Hirschkalb 60.
Histioteuthis 72.
Hochseefische 47.
Hochzeitsflug der Ameisen 45.
Hochzeitskleid 53.
Holothurie 51, 151.
Hufe 118.
Huftiere 83.
Hüftsporne 32.
Hühner 52, 139.
Hummel 40.
Hund 33.
Hundeharn 103.
Hydra 28, 114, 115.
Hydrachniden 148, 150.
Hydrobia 106.
Hydrometra 38.
Hydrophiliden 124, 153.
Hydrophis 57.
Hydrops 56.
Hydrozoen 27.
Hylobates 90.
Jakobson'sches Organ 99.
Janthina 24, 67, 81, 133.
Ichthyophis 94.
Ichthyosaurus 26, 152.
Idioplasma 9, 14.
Igelfisch 152.
Ilysia 56.
Incus 88.
Insekten 32, 34, 153.
Insektenauge 64.
Insektenstimme 90.
Infusorien 9, 13, 15.
Interferenzfarben 75.
Inzucht 14.
Johnston'sches Organ 85.
Iris 64.
Isidora 150.
Isolierung 19.
Iulus 121.
Käferschnecken 63.
Känguruh 33.
Kalte 96, 129, 133, 144.
Kältestarre 131.
Känogenetisch 16.
Kalk 109, 110, 132.
Kamele 34.
Kammmolche 52, 60.
Kaninchen 19.
Karpfen 94, 141.
Katze 33, 34.
Kaulquappe 20, 129, 155.
Kehlkopf 89.
Keimblätter 16.
Kern 9.
Kiemen 149.
Kiemendeckel 150, 151.
Kiesel 109.
Kieselschwämme 109.
Klapperschlange 92.
Kletterfisch 154.
Kletterschwanz 34.
Knorpel (Eisen) 114.
Knurrhahn 89, 137.
Kochsalz 104.
Königstiger 140.
Körperwärme 139.
Kohlweißling 131.
Kolibri 40. 52.
Kolkrabe 47.
Komplementärfarbe 51.
Kondor 101.
Konstitution 19. 20.
Korallen 13, 29, 50, 110, 132.
Korallenotter 53, 55.
Krabbe 18.
Krähe 34.
Kreisbewegung 34.
Kreislauf 155.
Kreuzschnabel 138.
Kreuzspinne, Färbung 61.
Kritischer Punkt (Kälte) 131.
Kröte 152.
Krokodile 34, 118, 134, 141.
Kupfer 8.

Labyrinthfische 154.
Lacerta agilis 52.
Lachs 105, 135.
Lamellirostres 95.
Lamprididen 69.
Landasseln 115, 155.
Landblutegel 37, 134, 149.
Landkrabben 154.
Landkrebse 134.
Landmilben 149.
Landplanarien 134, 149.
Landschnecken 99, 115, 128,
Larynx 90. [134.
Laternenträger 70.
Latia 69.
Laubfrosch 36.
Laufkäfer 46.
Leber (Eisen) 114.
Leichtmetalle 8.
Lemming 136.
Leopard 60.
Lepadogaster 27.
Leuchtende Tiere 69.
Leuchtorgane 69.
Licht 43.
Lichtempfindlichkeit 44.
Ligusterschwärmer 130.
Lima 26, 44.
Limax 60, 62, 156.
Limnaea 114.
Limnobate 4. 42.
Linin 11.
Linse 62.
Lipura 70.
Listbunus 59.
Lithobius 45.
Litoralregion 49.
Littorina 19.
Lokusten 48, 85, 91.
Löwe 60.
Loligo 154. [61.
Lokalkolorit, neotropisches
Lophius 48.
Loripes 44.
Lota 137.
Lucernarien 106.
Lucida 69.
Lucifer 73.
Luciferase 71.
Luciferin 71.
Lufisäcke 152
Lunge 17, 149.
Lygodactylus 36, 37.
Lustrophis 56.
Makronucleus 14, 15.
Macula lutea 72.
Makrele 57.
Makropoden 93.
Malapterurus 145.
Malleolus 88.
Mammut 140.
Mantelliere 63.
Mantiden 50.
Mantis 33.
Maulwurf 68, 95.
Maulwurfsgrille 38.
Mauser 140.
Meckel'scher Knorpel 87.
Medusen 22.
Meerkatze 49.
Meerschweinchen 10.
Melania 135.
Melolontha 150.
Mensch 36
Menschenaffen 36.
Mesoderm 16.
Metalloide 8.
Metamerie 31.
Metamorphose d. Insekten
Metazoen 14. [135.
Mikronucleus 14, 15.
Miesmuschel 28.
Migrationstheorie 19.
Mikrofauna 21.
Milben 32, 43.
Mimicry 55, 58, 126.
Mistkäfer 97.
Mitose 10, 11.
Mochlonyx 85.
Molche 33, 36, 134, 148
Molukkenkrebs 150.
Moma Orion 59.
Mondvogel 58.
Moosfauna 132.
Mormyrus 145.
Moschusochs 136
Mückenlarven und -Puppen
Murex 121. [153.
Musca 45.
Muscheln 28, 44, 115, 119,
149.
Muskulatur 21, 31.
Mus minutus 34.
Mya 106. [121, 153.
Myriopoden 45, 49, 63,
Mysis-Ohr 84.
Mytilus 106, 107, 113.
Myxine 83, 120, 151.
Nachtfalter 45.
Nägel 118.
Nagerzähne 115.
Nais 47.
Nase 99.
Nassa 101.
Natica 28, 121.
Nauplius 46.
Nautilus 64, 149.
Neomenia 148.
Neotenie 155.
Nepa 76, 154.
Nerita 135.
Neritina 121.
Nesselbatterie 53.
Nickhaut 68.
Noctiluca 70.
Nordfaunen 136.
Ocellen 63.
Oel 23.
Ohrschmalz 88.
Ohrmuschel 88.
Oligochäten 28, 114.
Olm 95.
Ommastrephes 39.
Oncidium 63.
Ontogenese 16.
Onychodactylus 118.
Ootheken 121.
Ophiocephaliden 135.
Ophiopluteus 23.
Ophiuren 48, 59.
Organogene 8.
Orthoptera 84.
Osmerus 106.
Osphradium 97.
Otolith 83.
Oxyrrhopus 56.
Pachycondyla 91.
Pachydrilus 108.
Pagurus 126, 135.
Palingenetisch 16.
Palinurus 90.
Palmendieb 134.
Paludicella 110.
Paludina 111, 112.
Pantopoden 144, 148.
Panzerganoiden 118.
Papagei 50, 105.
Papilio merope 52.
Papilioniden 61.
Paradiesvogel 52.
Paramaecium 15, 42.
Paraphyse 66.
Paravodien 31.
Parietalauge 65.
Paßgang 34.
Patella 27, 40.
Paukenhöhle 87.
Paviane 35.

cten 26, 44.
ctenauge 68.
diculiden 84.
dipalpen 32, 95.
lagia 71.
lagische Tiere, Färbung 46.
lecus 105.
lomyxa 45.
ennatuliden 28, 70.
entanthis 30.
erennibranchiaten 151, 152.
eribranchialraum 151.
eripatus 153.
erliden 154.
erlmuschel 110.
erlmutter 51.
erlmutterfalter 50.
etromyzon 83, 118, 151.
fauenaugen 61.
ferd 33, 105.
halangiden 96.
halera bucephala 58.
holas 44, 71.
hotichthys 74.
hotobakterien 69.
hotodrilus 70.
hotonectes 74.
hotoptisch 74.
hotoskioptisch 44.
hryganiden 28, 84, 113, 126, 135, 154
hryniden 134.
hylaktolämen 107.
hyllium 37
hyllirrhoe 71, 133.
hyllopoden 108.
hyllopteryx 47.
hysa 150.
Pieris napi 143.
Pigmentreduktion 49.
Pinguin 26.
Pirol 52, 138.
Plankton 133.
Planorbis 114, 150.
Podocyste 155.
Podura 131.
Poduriden 32, 136.
Pökilotherm 140.
Polartiere 76
Polyacanthus 93.
Polycelis 114.
Polycladen 50.
Polygamie 52
Polynoë 71.
Polyodontophis 57.
Polzellen 13
Prachtgefieder 53.
Propodium 24.
Prospektive Arten 143.
Prosobranchienlarven 75.
Proteus 153
Protisten 129.
Protoplasma 7, 12.
Protopterus 90, 127.
Protozoen 114, 147, 148.
Psammobia 44.
Pseudoneuroptera 84.
Pseudopodien 19, 21.
Psychiden 126.
Ptenopus 91.
Pteropoden 22, 26, 67, 134, 149.
Pterotrachea 22.
Pupille 64.
Puppe 122.
Pyrocystis 70.
Pyrophorus 70.
Pyrosoma 73, 133.
Quadratbein 87.
Quallen 22, 29, 30, 47, 53, 63, 106, 154.
Radiäre Typen 29.
Radiolarien 22. 47, 109.
Radiolarienskelett 117.
Raja 137, 145
Ranatra 76, 154.
Randkörperchen 63. 81.
Ratiten 139.
Raubfliegenmaden 49
Raubtiere 100.
Raubtierfärbung 60.
Raubvögel 139.
Raupen 34, 48, 131.
Reduktionsteilung 12.
Reduvius 126
Regenwurm 20, 44.
Reh, Spiegel 52.
Reibung 21, 38.
Reifeteilung 12.
Reptilienstimme 90.
Retropinna 106.
Rhacephorus 39.
Rheotropismus 41, 42.
Rhinoceros 140.
Rhinophor 99, 101.
Rhizopoden 19.
Richtungskörperchen 13.
Riesenschlange 61, 134.
Ringelspinner 121
Rippenquallen 22, 106.
Rhodope 48.
Rhopalocera 62.
Rhynchodemus 49, 134.
Rochen 151.
Röhrenwürmer 42.
Röntgenstrahlen 147.
Rot, altertümlich 76
Rotatorien 20, 23, 25, 47, 148.
Ruderborsten 22
Ruckenpapillen 25.
Sacculus 83, 86.
Säuger 34
Sagitten 47, 71.
Saisondimorphismus 142.
Saisonwechsel 53
Salamandra atra 151.
Salpen 75, 154.
Sargassosee 47.
Saugfüßchen 30.
Saugnäpfe 37
Scaphopoden 68,
Schale 121.
Schall 87.
Schaumzirpe 57.
Scheltopusik 152.
Schildkröte 34, 118, 140, 152.
Schildläuse 122.
Schizoneura 126.
Schizopoden 73.
Schlafen 43, 46.
Schlangen 33, 34, 65, 141.
Schlangensterne 30, 31.
Schlangenzunge 94.
Schleim 23
Schlupfwespen 97.
Schmeißfliegen 102.
Schmetterlinge 20, 42.
Schmuckfarben 52.
Schnabeltier 139.
Schnecken 34, 38, 102.
Schneeeule 46, 137.
Schneckenschale 61, 118.
Schneehuhn 46.
Schnurrhaare 95.
Schreckfarbe 53, 54, 76.
Schreckstellung 54.
Schuppentiere 119.
Schutzfarbe 47. 49, 50.
Schwamme 27, 28, 44, 104.
Schwärme 40
Schwanzflosse 26.
Schwebfliegen 42.
Schwefelwasserstoff 102.

Schweißdrüsen 139.
Schwellfüßchen 150.
Schwere 21.
Schwermetalle 8.
Schwimmblase 17, 25, 151.
Sciana 137.
Scolecophis 57.
Scolopendriden 69, 99.
Scopeliden 65.
Seefeder 28.
Seeigel 29, 30, 31, 63.
Seepferdchen 34.
Seerose 29, 50, 104, 106.
Seeschlange 34, 57.
Seestern 63.
Seewalzen 30.
Segelqualle 153.
Sehpurpur 77.
Seidenschwanz 137.
Seidenspinner 43.
Seitenorgan 92.
Serpuliden 150.
Sesia 58.
Sessilität 27, 29, 81.
Sida cristallina 47, 77.
Signalfarben 51.
Simulia 27.
Sinophis 56
Siphonophoren 22, 26, 133.
Siredon 153.
Skelett 116, 132.
Skioptisch 44.
Skorpion 32, 134.
Solen 44.
Solecurius 44.
Solpugen 32, 134.
Somatische Zellen 12.
Sommerschlaf 128, 140, 141.
Spannerraupen 59.
Spatangus 48.
Species 19.
Spektralfarben 75.
Sperling 18
Spermatozoon 12.
Specif Gewicht 21.
Sphinx elpenor 55.
Spinnen 32, 34, 48, 63, 90, 153.
Spinnerfühler 99.
Spongilla 109, 114.
Springen 34.
Springmaus 33.
Springschwänze 32, 43.
Sprung (Kälte) 130.
Sprungbein 32.
Stabheuschrecken 59.
Stachelflosser 111.
Stachelhauter 30, 50.
Stäbchen 77.
Stapes 98.
Statoblast 126.
Statocyste 80.
Statolith 82.
Stauropusraupe 58.
Steckmuschel 28.
Stegocephalen 118.
Stemma 63.
Stenorhynchus 59.
Stenotherm 129.
Stentor 45, 115.
Steppentiere 46.
Stereoskopisches Sehen 64.
Stereotropismus 42, 43.
Sternwürmer 28, 29.
Stichäus 132.
Stichling 52, 105, 111.
Stigma 153.
Stimme 89.
Stinkkäfer 60.
Stint 106.
Stör 26, 105.
Stomias 74.
Succinea 143.
Sumpfvögel 139.
Symbiose 147.
Synapta 87.
Syrinx 90.
Syrphiden 84.
Tagfalter 45, 52, 142.
Tagpfauenaugenpuppe 78.
Talgdrüsen 139.
Tangfauna 47.
Tannenpfeilraupe 58.
Tanzfliegen 42.
Tanzmäuse 83.
Tanzmücken 42.
Tapetum 68.
Tapir 60
Tardigraden 122, 132.
Tauben 50.
Taufrosch 143
Tausendfüßer 32, 34.
Telephorus 70.
Tellina 106.
Telyphoniden 134.
Temperatursinn 96.
Tentakel 22, 29, 94.
Testacella 99, 127.
Thermoskopisches Organ 96.
Thigmotropismus 42.
Thränendrüse 65.
Thränenkanal 65.
Thymus 140.
Thynnus 137.
Thyroptera 37.
Thysanuren 32.
Tiedemannia 32.
Tiefseeholothurie 82.
Tiger 60.
Tintinnen 47, 117.
Tomisus 50.
Torpedo 145.
Totenkopf 91.
Tracheen 25, 149, 153.
Transfusion 20.
Trematodenlarve 63.
Trigla 137.
Trimethylamin 102
Trionyx 148.
Tritonen 34.
Troglobien 43, 49.
Trompeter 91.
Tropidodipsas 57,
Trutzfarbe 53.
Trygon 137.
Tunicaten 106.
Tympanalorgane 86.
Typhlops 34.
Typhlocoleciden 67.
Typhlotriton 68.
Ultraviolette Strahlen 78.
Ungeschlechtliche Vermehrung 13
Unioniden 44, 112, 152.
Unke 53.
Urotheca 56, 57.
Urticulus 87.
Urwald 50.
Vaginicola 114.
Vanessa prorsa, levana, porima 143
Vanessa urticae 143.
Variabilität 17, 60.
Velella 129.
Venus 44.
Verbindungsgewicht 8.
Vermetus 27, 81.
Vervollkommnung 18.
Vogelberge 133.
Vogelskelett 40.
Vögel 35, 40, 42.
Vorderkiemer 120, 133, 149.
Vorticella 114.
Wärme 128.
Waldhühner 136.
Wale 23, 26, 34, 89, 133 138, 144, 152.

Walroß 136.
Wanderheuschrecke 48.
Wanderungen 46, 137.
Wanzen 33.
Warnfarben 53, 76.
Wasserkäfer 25, 131.
Wasserläufer 38, 42.
Wasserlunge 151.
Wasserschnecken 23.
Wasserstar 26.
Weberfink 52.
Weberknecht 32.
Weichschildkröte 148.
Weidenbohrer 45.
Weinschwärmerraupe 55.
Welse, Stimme 89.
Wickelbär 34.
Widderchen 53, 57.
Wiedehopf 138.
Wiederkäuer 100, 105.
Wimpern 21.
Winterschlaf 128, 140.
Winterknospen 110.
Wirbeltiere 31, 33, 64, 83, 89, 151.
Wolfsmilchschwärmerraupe
Wolfsspinne 49, 101. [53.
Wüstentiere 46, 97.
Wurmschnecke 27.
Xesta Cumingi 58.
Xiphias 137.
X-Strahlen.
Zäpfchen 77.
Zebra 51.
Zelle 9.
Zellteilung 9.
Zibethkatze 60.
Zirbel 65.
Zitteraal 135.
Zuterwels 155.
Zoantheen 117.
Zoobiologie 7.
Zoochlorellen 147.
Zooxanthellen 147.
Zourus 92.
Zweckmäßig 17.
Zwerchfell 152.
Zygäna 53, 57.

Druckfehler.

S. 58, Z. 10 v. o. lies „Acraea" statt „Acrala".

Im gleichen Verlage erschien:

Tierkunde

von

Dr. Franz von Wagner,

Professor an der Universität Gießen.

Mit 78 Abbildungen.

Sammlung Göschen Nr. 60. — Preis in eleg. Lwdbd. 80 Pf.

Die „Tierkunde" versucht in knappster Fassung die elementarsten Thatsachen und Lehren der wissenschaftlichen Zoologie für weitere Kreise verständlich darzustellen.

Der Verfasser hat sich bemüht, die Darstellung nach Möglichkeit in ein gefälliges Gewand zu kleiden. Die verhältnismäßig reiche Ausstattung des Werkchens mit Abbildungen, welche zum großen Teil den gangbarsten Lehrbüchern (Boas, Hertwig, Claus) entnommen, aber der leichteren Verständlichkeit wegen zumeist mehr oder weniger schematisiert sind, bietet eine wesentliche Erleichterung für das Verständnis des Textes.

In der Auswahl des Stoffes ist der Verfasser, oft nicht ohne Bedenken, seinen eigenen Weg gegangen, will aber damit die Berechtigung anderer Wege nicht in Frage stellen. Hinsichtlich der Anordnung des Stoffes indes war er keinen Augenblick zweifelhaft, daß auch für die elementarste Behandlung der Grundlehren einer Wissenschaft eine ernsthafte Methode, wie sie allein im systematischen Aufbau geboten wird, unerläßlich ist.

Dementsprechend stellt sich die „Tierkunde" als eine erste Einführung in die Zoologie dar, die den elementarsten Anforderungen weiterer Kreise entsprechen dürfte.

Sammlung Göschen.

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Hutten siehe: Sachs.

Integralrechnung siehe: Analysis, Höhere, II.

Kartenkunde von Dir. E. Gelcich, Prof. F. Souter und Dr. Paul Dinse. Mit 70 Abbild. Nr. 30.

Kirchenlied, Das, des 16. Jahrhunderts siehe: Luther.

Klimalehre von Prof. Dr. W. Köppen. Mit 7 Tafeln u. 2 Fig. Nr. 114.

Kudrun und Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek. Nr. 10.

— — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.

Kulturgeschichte, Deutsche, von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56

Kurzschrift. Lehrbuch der vereinfachten deutschen Stenographie (System Stolze-Schrey), nebst Schlüssel, Lesestücken und einem Anhang von Dr. Ansel. Nr. 86.

Länderkunde von Europa von Prof. Dr. Franz Heiderich. Mit 14 Textkärtchen u. Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.

— **der außereuropäischen Erdteile** von Prof. Dr. Franz Heiderich. Mit 11 Textkärtchen und Profilen. Nr. 63.

Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert. Kulturhistor. Erläuterungen zum Nibelungenlied und zur Kudrun. Von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher. Mit 1 Tafel und 30 Abbild. Nr. 93.

Lessing, Antiquarische und epigrammat. Abhandlungen. Mit Anmerkungen v. Rektor Dr. Werther. Nr 9.

— **Litterarische u. dramaturg. Abhandlungen.** Mit Anmerkungen von Rektor Dr. Werther. Nr. 8.

Lessing, Emilia Galotti. Mit Einleitung und Anmerkungen von Oberlehrer Dr. Votsch. Nr. 2.

— **Fabeln,** nebst Abhandlungen mit dieser Dichtungsart verwandten Inhalts Mit Einleitung von Karl Goedeke. Nr. 3.

— **Laokoon.** Mit Einleitung v. Karl Goedeke. Nr. 4.

— **Minna von Barnhelm.** Mit Anmerkungen von Dr. Tomascheck Nr. 5.

— **Nathan der Weise.** Mit Anmerkungen von Prof. Denzel und Kraz. Nr. 6.

— **Philotas** und die Poesie des 7jährigen Krieges in Auswahl u. mit Anm. v. Prof. O. Günther. Nr. 21.

Licht siehe: Physik, Theoretische, II.

Litteratur, Althochdeutsche, mit Grammatik, Uebersetzung und Erläuterungen von Prof. Th. Schauffler. Nr. 28.

Litteraturgesch., Deutsche, v. Prof. Dr. Max Koch Nr 31

— — **des 19. Jahrhunderts.** Von Prof. Dr. Carl Weitbrecht. 1. Teil. Nr 134.

— — — 2. Teil. Nr. 135.

— **Englische,** von Prof. Dr. Karl Weiser. Nr. 69.

— **Griechische,** von Prof. Dr. Alfred Gercke. Nr. 70.

— **Italienische,** von Dr. Karl Voßler. Nr. 125.

— **Römische,** von Herm. Joachim. Nr. 52.

Logarithmentafeln, Vierstellige, v Prof. Dr Herm Schubert. In zweifarbig. Druck. Nr. 81.

Logik siehe: Psychologie.

Luther, Martin, Thomas Murner u. das Kirchenlied des 16. Jahrhund. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit. Nr. 7.

Sammlung Göschen.

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Magnetismus siehe: Physik. Theoretische, III.

Malerei, Geschichte der, v. Prof. Dr. Rich. Muther. I II. III. IV. V. Nr. 107, 108, 109, 110, 111.

Mechanik siehe: Physik, Theoret., I.

Menschliche Körper, Der, sein Bau und seine Thätigkeiten von Oberrealschuldirektor E. Rebmann, und Gesundheitslehre von Dr. H. Seiler. Mit 47 Abbild. und 1 Tafel. Nr. 18.

Meteorologie v. Dr. W. Trabert. Mit 49 Abbildungen u. 7 Tafeln. Nr. 54.

Mineralogie von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 130 Abbild. Nr. 29.

Minnesang siehe: Walther von der Vogelweide.

Murner, Thomas, siehe: Luther.

Musik, Geschichte der alten und mittelalterlichen, von Dr. A. Möhler. Mit zahlreichen Abbildungen und Musikbeilagen. Nr. 121.

Mythologie, Deutsche, von Prof. Dr. Friedrich Kauffmann. Nr. 15.

— Griechische u. römische, v. Prof. Dr. Herm. Steuding. Nr. 27.

— siehe auch: Heldensage.

Nautik von Direktor Dr. Franz Schulze. Mit 56 Abbild. Nr. 84.

Nibelunge, Der, Nôt und Mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Prof. Dr. W. Golther. Nr. 1.

— — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.

Nutzpflanzen v. Dr. J. Behrens. Mit 53 Abbildungen. Nr. 123.

Pädagogik im Grundriß v. Prof. Dr. W. Rein. Nr. 12.

— s. a.: Schulpraxis, — Unterrichtsw.

Paläontologie. Von Prof. Dr. Rud. Hoernes. Mit 87 Abbild. Nr 95.

Perspektive nebst einem Anhang über Schattenkonstruktion und Parallelperspektive von Hans Freyberger. Mit 88 Figuren. Nr. 57.

Pflanze, Die, ihr Bau und ihr Leben von Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.

Pflanzenbiologie v. Prof. Dr. W. Migula. Nr. 127.

Pflanzenreich, Das. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten u. bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke und Prof. Dr W. Migula. Mit 50 Figuren. Nr. 122.

Philosophie, Einführung in die, siehe: Psychologie und Logik.

Photographie. Von H. Keßler. Mit 4 Tafeln und 52 Abbildungen. Nr. 94.

Physik, Theoretische, I. Teil: Mechanik und Akustik Von Prof. Dr. Gustav Jäger. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

— — II. Teil: Licht und Wärme. Von Prof. Dr. Gustav Jäger. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.

— — III. Teil: Elektricität und Magnetismus. Von Prof. Dr. Gustav Jäger. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

Physikalische Formelsammlung. Von Prof. G. Mahler. Mit vielen Fig Nr. 136.

Plastik, Die, des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.

Poesie des 7jähr. Krieges siehe: Lessings Philotas.

Poetik, Deutsche, von Dr. Karl Borinski. Nr. 40.

Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie v. Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Sammlung Göschen.

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Psychophysik, Grundriß der, v. Dr. G. F. Lipps. Mit 3 Fig. Nr. 98.

Redelehre, Deutsche, v. Hans Probst. Mit 1 Tafel. Nr. 61.

Religionsgeschichte, Indische, von Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.

Russisches Gesprächsbuch von Dr. Erich Berneker. Nr. 68.

— **Lesebuch** von Dr. Erich Berneker. Nr 67.

— — siehe auch: Grammatik.

Sachs, Hans, u. Johann Fischart nebst einem Anhang: Brant u. Hutten. Ausgew. u. erläutert von Prof. Dr. Jul. Sahr. Nr. 24.

Schattenkonstruktion siehe: Perspektive.

Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Schuldirektor R. Seyfert. Nr. 50.

— s. auch: Pädagogik, — Unterrichtsw

Sociologie von Prof. Dr. Th. Achelis. Nr. 101.

Sprachdenkmäler, Gotische, mit Grammatik, Uebersetzung und Erläuterungen von Dr. Hermann Jantzen. Nr. 79.

Sprachwissenschaft, Indogermanische, von Prof. Dr. R. Meringer. Mit einer Tafel. Nr. 59.

— **Romanische,** von Dr. Adolf Zauner. Nr. 128.

Spruchdichtung siehe: Walther von der Vogelweide.

Stammeskunde, Deutsche, von Dr. Rud. Much. Nr. 126.

Stenographie siehe: Kurzschrift.

Stereometrie von Dr. Glaser. Mit 44 Figuren. Nr. 97.

Stilkunde von Karl Otto Hartmann. Mit 12 Vollbildern und 179 Text-Illustrationen. Nr. 80.

Tierbiologie von Prof. Dr. H. Simroth. 1. Teil. Mit vielen Abbildungen. Nr. 131.

Tierbiologie 2. Teil. Mit vielen Abbildungen. Nr. 132.

Tierkunde von Dr. Franz von Wagner. Mit 78 Abbild. Nr. 60.

Trigonometrie, Ebene und sphärische, von Dr. Gerhard Hessenberg. Mit 69 ein- u. zweifarbigen Fig. Nr. 99.

Unterrichtswesen, Das öffentliche, Deutschlands in der Gegenwart von Dr. Paul Stötzner. Nr. 130.

Urgeschichte der Menschheit von Dr. M. Hoernes. Mit 48 Abbildungen. Nr. 42.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt. Mit 56 Abb. Nr. 73.

Volkslied, Das deutsche. Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 25.

Volkswirtschaft von Prof. Dr. Carl Johs. Fuchs. Nr. 133.

Waltharilied, Das, im Versmaße der Urschrift übersetzt und erläutert von Prof. Dr. H. Althof. Nr. 46.

Walther v. der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch. Von Prof. O. Güntter. Nr. 23.

Wärme siehe: Physik, Theoret. II.

Wechselkunde von Dr. Georg Funk. Mit vielen Formularen. Nr. 103.

Wolfram von Eschenbach siehe: Hartmann von Aue.

Wörterbuch, Deutsches, von Dr. Ferd. Detter. Nr. 64.

Zeichenschule von K. Kimmich. Mit 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck und 135 Voll- und Textbildern. Nr. 39.

Zeichnen, Geometrisches, von Hugo Becker. Mit 282 Abbild. Nr. 58.

Zoologie siehe: Tierkunde.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 112380099